32

ENCICLOPEDIA IBEROAMERICANA DE FILOSOFÍA

# Ciencia, tecnología y sociedad

Edición de Eduard Aibar
y Miguel Ángel Quintanilla

Editorial Trotta
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

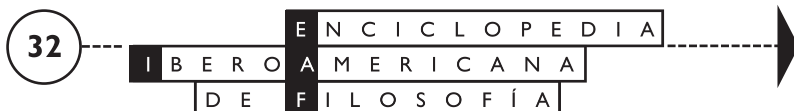


Ciencia, tecnología y sociedad

Ciencia, tecnología y sociedad

Edición de Eduard Aibar y Miguel Ángel Quintanilla

Editorial Trotta
Consejo Superior de Investigaciones Científicas




*Catálogo general de publicaciones oficiales*
*http://publicacionesoficiales.boe.es/*




EDITORIAL TROTTA


Ferraz, 55. 28008 Madrid
Teléfono: 91 543 03 61
Fax: 91 543 14 88
E-mail: editorial@trotta.es
http://www.trotta.es


Departamento de Publicaciones
Vitruvio, 8. 28006 Madrid
Teléfono: 91 561 62 51
Fax: 91 561 48 51
E-mail: publ@orgc.csic.es

Diseño
Joaquín Gallego

ISBN: 978-84-87699-48-1 (Obra completa)
ISBN TROTTA (edición digital pdf): 978-84-9879-378-9 (vol. 32)
ISBN CSIC: 978-84-00-09470-6
NIPO: 723-12-084-6

La Enciclopedia IberoAmericana de Filosofía es un proyecto de investigación y edición, puesto en marcha por el Instituto de Filosofía del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Madrid), el Instituto de Investigaciones Filosóficas de la Universidad Autónoma de México y el Centro de Investigaciones Filosóficas (Buenos Aires), y realizado por filósofos que tienen el español por instrumento lingüístico.

Existe una pujante y emprendedora comunidad filosófica hispanoparlante que carece, sin embargo, de una obra común que orqueste su plural riqueza y contribuya a su desarrollo. No se pretende aquí una enciclopedia de filosofía española, sino articular la contribución de la comunidad hispanoparlante a la filosofía, sea mediante el desarrollo cualificado de temas filosóficos universales, sea desentrañando la modalidad de la recepción a esos temas filosóficos en nuestro ámbito lingüístico.

La voluntad del equipo responsable de integrar a todas las comunidades filosóficas de nuestra área lingüística, buscando no sólo la interdisciplinariedad sino también la internacionalidad en el tratamiento de los temas, nos ha llevado a un modelo específico de obra colectiva. No se trata de un diccionario de conceptos filosóficos ni de una enciclopedia ordenada alfabéticamente, sino de una enciclopedia de temas monográficos selectos. La monografía temática permite un estudio diversificado, como diverso es el mundo de los filósofos que escriben en español.

Queremos dejar constancia del agradecimiento debido a quienes formaron parte del Comité Académico, haciendo posible este proyecto, y que han fallecido: Carlos Alchourrón, Ezequiel de Olaso, J. L. López Aranguren, Fernando Salmerón y Javier Sasso.

La Enciclopedia IberoAmericana de Filosofía es el resultado editorial de un Proyecto de Investigación financiado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología y por la Dirección General de Investigación Científica y Técnica del Ministerio de Educación y Ciencia. Cuenta también con la ayuda de la Consejería de Educación y Cultura de la Comunidad de Madrid.

CONTENIDO

# INTRODUCCIÓN

*Eduard Aibar y Miguel A. Quintanilla*

El presente volumen reúne una serie de ensayos originales en una de las áreas más florecientes y productivas en el panorama internacional de la investigación social y humanística actual: los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). En sus apenas cuatro décadas de historia, los estudios CTS han experimentado un ritmo de crecimiento ciertamente espectacular, tanto en el número de investigadores y desarrollos académicos que se han integrado a ellos, como en el volumen de enfoques, estudios y problemas abordados. Se trata, por encima de todo, de un ámbito de estudios eminentemente multidisciplinar en el que participan tanto investigadores como perspectivas teóricas y metodológicas de origen académico muy diverso. Aunque los filósofos, sociólogos e historiadores, tanto de la ciencia como de la tecnología, constituyen mayoría entre ellos, también encontramos a economistas, politólogos o antropólogos.

Si bien la interacción y la colaboración entre disciplinas diversas han fraguado, en algunos casos, nuevos marcos analíticos de naturaleza interdisciplinaria, en otros se mantienen las aproximaciones teóricas tradicionales. Lo que, en cualquier caso, aglutina a los investigadores en CTS es el convencimiento de que ciencia, tecnología y sociedad constituyen sistemas altamente interconectados. La ciencia y la tecnología son fenómenos que tienen lugar *en* la sociedad y no en un terreno básicamente aislado o independiente de ella; su análisis, por tanto, debe poner especial énfasis en las interacciones con los distintos elementos y aspectos del terreno social, económico, político o cultural.

En términos más concretos, los estudios CTS se han centrado, principalmente, en dos aspectos básicos de esas interacciones. Por un

lado, exploran los impactos o efectos de la ciencia y la tecnología en la estructura social, en la industria y la economía, en la política, en el medio ambiente, en el pensamiento y, en general, en la cultura. Por otro, y de forma paralela, los estudios CTS intentan determinar en qué medida y de qué forma distintos factores (valores de distinto orden, fuerzas económicas y políticas, culturas profesionales o empresariales, grupos de presión, movimientos sociales, etc.) configuran o influyen en el desarrollo científico y tecnológico. En ese sentido, tienen un interés tanto teórico, en la medida en que ayudan a comprender aspectos esenciales de la sociedad y de la cultura actuales, como práctico, en la medida en que pueden servir de base para la toma de decisiones en el ámbito de intervención política y social sobre el desarrollo de la ciencia y la tecnología.

Por otro lado, los estudios CTS corroboran la idea de que el estudio de la ciencia y la tecnología constituye, igualmente, una suerte de puerta de acceso privilegiada para la comprensión de la sociedad contemporánea. Es útil recordar, en este sentido, que las más célebres teorizaciones sobre la sociedad actual —la sociedad posindutrial de Daniel Bell, la sociedad del riesgo de Ulrich Beck o la sociedad de la información de Manuel Castells— utilizan puntos de vista que, en la línea de los estudios CTS, otorgan un papel central en sus modelos analíticos a la dinámica de la ciencia y la tecnología, sin caer en la visión simplista del determinismo tecnológico.

El orden de los capítulos de esta obra intenta trazar una trayectoria de las cuestiones más básicas o fundamentales a las más específicas o aplicadas. El primer capítulo, a cargo de José Manuel Sánchez Ron, se centra en el concepto de Gran Ciencia que, habitualmente, ha sido utilizado para describir algunos de los rasgos más distintivos de la actividad científica contemporánea. En este trabajo se explora el origen del concepto, sus diversas caracterizaciones, así como algunos de los proyectos emblemáticos que mejor lo ejemplifican. La emergencia de la Gran Ciencia ha tenido como consecuencia una atención creciente, por parte de muchos analistas, hacia los vínculos entre la actividad científica y el entorno social, político y económico que la hacen posible suministrando, entre otras cosas, los cuantiosos recursos necesarios para su desarrollo. En gran medida, éste es el origen de los llamados *estudios sociales de la ciencia* que surgen, durante la década de los setenta, en la escuela de sociología del conocimiento científico de Edimburgo. El capítulo de Jesús Vega ofrece, precisamente, una introducción a algunas de las tesis y preceptos metodológicos de esta escuela, añadiendo una visión crítica de los mismos desde un punto de vista genuinamente epistemológico.

En esta misma línea de análisis conceptual, Marcelo Arancibia y Carlos Verdugo realizan un estudio detallado de la evolución de los conceptos de técnica y tecnología a lo largo de la historia del pensamiento, desde la noción de *téchne* presente en la Grecia clásica, hasta las concepciones filosóficas actuales. El trabajo de Miguel A. Quintanilla, por su parte, retoma esta discusión para ofrecer una caracterización analítica y precisa de los conceptos de sistema tecnológico y cultura tecnológica, acuñando la distinción entre cultura tecnológica en sentido estricto, es decir, «incorporada a los sistemas técnicos», y cultura tecnológica en sentido amplio, «no incorporada» a sistemas técnicos, a partir de la cual propone un modelo para el análisis de la influencia de los factores culturales en la dinámica de la tecnología y en los procesos de innovación. León Olivé, a continuación, amplía el análisis del concepto de tecnología, sistema tecnológico y cultura tecnológica a la caracterización de los sistemas tecnocientíficos y de la sociedad del conocimiento, poniendo un énfasis especial en la problemática del desarrollo tecnológico en el contexto de las sociedades multiculturales latinoamericanas.

El capítulo siguiente inicia un recorrido por algunas de las temáticas específicas que han caracterizado los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad en las últimas décadas, especialmente en su vertiente más práctica o aplicada. El trabajo de Lawler, por ejemplo, se centra en la noción de desarrollo sostenible que tanta fortuna ha hecho en muchos análisis contemporáneos de la relación entre la sociedad, el medio ambiente y el desarrollo económico y tecnológico. El capítulo ofrece una caracterización de las diferentes líneas de interpretación que han utilizado este concepto como eje central y analiza las nociones de ciencia y tecnología que subyacen a dichos puntos de vista. Mario Albornoz, por su parte, nos ofrece una aproximación al concepto de sistemas nacionales de ciencia y tecnología, mediante la cual nos introduce en el creciente papel que desempeñan la ciencia y la tecnología en el desarrollo económico de las naciones, el rol de los Gobiernos en su promoción y fortalecimiento, así como los desarrollos institucionales nacidos en este contexto, con especial énfasis en la situación iberoamericana.

El capítulo de Mikel Olazaran y Beatriz Otero analiza con detalle uno de los mecanismos más característicos de la actividad científica: la evaluación por pares. Su trabajo discute las perspectivas más importantes en el análisis de este fenómeno, que no sólo constituye el núcleo del sistema de comunicación y publicación de los resultados científicos, sino que con el tiempo se ha erigido en un eje clave en el establecimiento e implementación de las políticas científicas de los Es-

tados. Hebe Vessuri e Isabelle Sánchez-Rose, autoras del siguiente capítulo, nos ofrecen un repaso histórico a la evolución de las políticas científicas en el contexto internacional, haciendo especial hincapié en la emergencia actual de las redes como estructura organizativa básica en la generación de conocimiento y en la problemática del control democrático de la ciencia y la tecnología.

Introduciéndonos cada vez más en un terreno de profundas implicaciones políticas, José Luis Luján y José A. López Cerezo analizan las implicaciones valorativas y éticas de la regulación de la ciencia y la tecnología. A partir del concepto de ciencia regulativa, los autores exploran los diferentes aspectos problemáticos de la evaluación y gestión de los riesgos sociales y medioambientales del desarrollo tecnológico. Eduard Aibar, por su parte, se centra en la cuestión de la participación del público en las decisiones científico-tecnológicas. Su trabajo ofrece una reconstrucción histórica de esta problemática, un tratamiento analítico de sus aspectos más importantes —el problema de la legitimidad y el de la extensión, principalmente—, así como la consideración de algunos fenómenos emergentes que suponen actualmente un reto para los mecanismos tradicionales de participación.

Los dos últimos capítulos abordan la temática de la imagen pública de la ciencia. Emilio Yunis analiza las particularidades epistemológicas y metodológicas de la ciencia frente a otras tradiciones culturales u otras formas de conocimiento mítico o religioso, que aún perviven en la imagen pública contemporánea de la ciencia. Carmelo Polino y Yurij Castelfranchi, por último, nos ofrecen un análisis histórico de las formas de divulgación y comunicación pública de la ciencia. Discuten, en especial, la hegemonía del denominado modelo de déficit y analizan las consecuencias que en este terreno tiene la creciente vinculación entre la ciencia y el mercado, en el contexto de la sociedad del conocimiento.

En conjunto, estos trabajos, elaborados por destacados miembros de la comunidad académica iberoamericana, ofrecen una excelente panorámica de las temáticas actuales más importantes en los estudios CTS y ponen especial énfasis, tanto en el análisis conceptual y teórico detallado, como en las consecuencias prácticas que en cada caso se derivan. Constituyen, pues, una aproximación equilibrada, pero, al mismo tiempo, rica en sus matices y en la diversidad de perspectivas que recogen, de la realidad de los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad.

# LA GRAN CIENCIA

*José Manuel Sánchez Ron*

## 1. EL ORIGEN DEL TÉRMINO «GRAN CIENCIA»

Si hay términos y conceptos que caracterizan la ciencia del siglo XX, sin duda que uno de los más señalados es el de *Big Science* (Gran Ciencia). Aunque existen algunos ejemplos de su uso con anterioridad, su introducción formal se debe a Alvin M. Weinberg (1915-2006), un físico nuclear que durante la Segunda Guerra Mundial trabajó para el Proyecto Manhattan en el Metallurgical Laboratory de Chicago, bajo la dirección de Eugene Wigner[1]. Al término de la contienda, Weinberg se trasladó a uno de los centros del Proyecto Manhattan, el laboratorio Clinton de Oak Ridge (Tennessee), que pronto se convertiría en el Oak Ridge National Laboratory (ORNL), dedicándose sobre todo a la investigación nuclear destinada al diseño, desarrollo y control de reactores nucleares. Allí fue director de su División de Física hasta 1948, año en que pasó a ser director de investigación del laboratorio, puesto que mantuvo hasta 1955 cuando se convirtió en director general de la institución, del que se retiró en 1973. Durante su mandato, ORNL, ya de por sí un centro de grandes dimensiones, creció notablemente: la División de Biología, por ejemplo, se desarrolló hasta alcanzar una dimensión cinco veces mayor que la siguiente en tamaño; y se iniciaron nuevos proyectos, como los de utilizar energía nuclear para desalinizar el agua del mar.

Weinberg, por consiguiente, conocía de primera mano lo que era la Gran Ciencia, concepto y término que introdujo en un artículo que

1. Hans Bethe (1958, 428) utilizó el término *Big Science* en la reseña que escribió en 1958 del conocido libro de Robert Junk, *Brighter than a Thousand Suns*.

publicó en el número del 21 de julio de 1961 de la revista *Science*: «Impact of large-scale science on the United States»[2]. Escribía allí Weinberg:

> Cuando la historia mire al siglo XX, verá a la ciencia y a la tecnología como su tema; encontrará en los monumentos de la Gran Ciencia —los gigantescos cohetes, los aceleradores de altas energías, los reactores de investigación— los símbolos de nuestro tiempo, igual que encontrará en Notre Dame el símbolo de la Edad Media. Puede incluso que encuentre analogías entre nuestras motivaciones para construir estos instrumentos de ciencia gigante y las de quienes construyeron las iglesias y las pirámides. Nosotros construimos nuestros monumentos en nombre de la verdad científica, ellos los suyos en nombre de la verdad religiosa; nosotros utilizamos nuestra Gran Ciencia para aumentar el prestigio de nuestro país, ellos utilizaban sus iglesias para el prestigio de sus ciudades; nosotros construimos para apaciguar a lo que el presidente Eisenhower sugirió podría convertirse en una secta científica dominante, ellos construían para agradar a los sacerdotes de Isis y Osiris (Weinberg, 1961, 161).

Tras esta introducción general, y un tanto literaria, Weinberg, que veía la Gran Ciencia más como un hecho patológico que positivo, aunque también inevitable, mencionaba algunos problemas que según él planteaba su aparición; problemas prácticos al igual que filosóficos[3]. El primero que seleccionó es el de si la Gran Ciencia arruinaría la ciencia; el segundo si arruinaría económicamente a la sociedad; y el tercero si deberíamos «desviar una parte mayor de nuestro esfuerzo hacia temas científicos que traten más directamente del bienestar humano de lo que lo hacen proyectos de Gran Ciencia tan espectaculares como los viajes espaciales tripulados por hombres y la física de altas energías».

Cuarenta años después de que Weinberg planteara estas cuestiones no todas han sobrevivido con igual fortuna. Con respecto a la primera, Weinberg temía varias cosas. Lo primero, que disponer de «demasiado» dinero podría significar que la ciencia —esto es, los científicos— se hiciese «gruesa y perezosa» (*fat and lazy*). Ahora bien, si podemos acusar de algo a los científicos involucrados en la Gran Ciencia, ciertamente no es de ser perezosos, incluso si entendemos este término

2. Weinberg (1961). Véase, asimismo, Weinberg (1967).

3. De hecho, antes de que Weinberg publicase su artículo, algunos científicos destacados —como el matemático Norbert Wiener (1958) y el físico Merle Tuve (1959)— habían manifestado su preocupación por la creciente tendencia hacia lo gigantesco y tecnológico que veían en la ciencia. Nos volveremos a encontrar con Tuve en la próxima sección.

de la manera en que lo hacía Weinberg: como preocupados más en gastar el dinero que en pensar. Tomemos el caso de alguno de los grandes aceleradores de partículas, que han costado miles de millones de dólares o de euros para ser construidos y para su mantenimiento; sin embargo, esto no significa que los científicos que trabajan en ellos no hayan tenido que esforzarse mucho para imaginar, por ejemplo, experimentos adecuados, sin olvidar que la misma construcción de esos aceleradores necesita de innovaciones tecnocientíficas.

También le preocupaba a Weinberg que la Gran Ciencia invadiese la Universidad: «uno no necesita mirar muy lejos», escribía, «para encontrar aceleradores y reactores nucleares» de grandísimas energías en muchos recintos universitarios. Y añadía:

> Aunque mi pregunta de si la «Gran Ciencia está arruinando la ciencia» sea irrelevante, ya que la Gran Ciencia está aquí para quedarse, creo que puede arruinar nuestras universidades, desviándolas de su fin primordial y convirtiendo a los profesores universitarios en administradores, mayordomos y publicistas (Weinberg, 1961, 162).

Es posible que algo de esto se haya hecho realidad, pero no tanto como pensaba Weinberg, entre otras razones, porque la mayor parte de los centros de Gran Ciencia no están asociados directamente con las universidades, aunque, por supuesto, sí tengan conexiones con ellas.

En cuanto a la segunda cuestión, la de si la Gran Ciencia arruinaría económicamente a la sociedad, obviamente, no lo ha hecho, aunque es cierto que ha constituido, y continúa constituyendo, una pesada carga sobre los presupuestos generales de los Estados que mantienen empresas de este tipo. En realidad, el temor de Weinberg en este punto era más retórico que real, ya que no podía ignorar que cualquier sociedad, por muy grande que en un momento determinado sea su fervor por la investigación científica, terminará desarrollando mecanismos presupuestarios correctores si los gastos para I+D (Investigación y Desarrollo) interfieren gravemente con otros apartados que debe atender y que la sociedad valora más (sanidad y seguridad social, educación...). Veremos más adelante cómo esto se manifestó en un proyecto de la física de altas energías, el denominado Supercolisionador Superconductor, aunque en este caso también se puso en evidencia la tercera de las cuestiones planteadas por Weinberg: la de si deberíamos «desviar una parte mayor de nuestro esfuerzo hacia temas científicos que traten más directamente del bienestar humano de lo que lo hacen proyectos de Gran Ciencia tan espectaculares como los viajes espaciales tripulados por hombres y la física de altas energías».

## 2. CRÍTICAS A LA GRAN CIENCIA: MERLE TUVE Y LA VISIÓN ROMÁNTICA DE LA CIENCIA DE WIGNER

Dije antes que Weinberg veía la Gran Ciencia más como un hecho patológico que positivo (aunque también inevitable) y aludí de pasada a que no fue el único en contemplarla de semejante manera. Tal oposición surgió incluso entre algunos a los que podríamos considerar como pioneros de la Gran Ciencia, como es el caso de Merle Tuve. Tras haber efectuado —en colaboración con Gregory Breit y como parte de sus investigaciones para lograr el título de doctor en la Universidad de Johns Hopkins— importantes trabajos en el estudio de la ionosfera, Tuve aceptó en 1926 un puesto en el Departamento de Magnetismo Terrestre de la Carnegie Institution de Washington, donde permanecería el resto de su carrera. Allí, a comienzos de la década de 1930 —de nuevo junto a Breit, y con Lawrence Hafstad y Odd Dahl— se dedicó al estudio de los núcleos atómicos. Tras utilizar otros procedimientos, terminó adoptando uno en el que se utilizaba el generador electrostático que había desarrollado Robert J. Van de Graaff en el Massachusetts Institute of Technology. Con el consejo y la colaboración de Van de Graaff, construyeron un generador con una esfera de un metro de diámetro montada sobre un trípode aislante, que en 1933 (un año después de que Cockcroft y Walton hubiesen observado las primeras desintegraciones inducidas artificialmente) produjo iones de hidrógeno de 0,6 MeV[4]. En 1935, continuando con una carrera que prometía ser de larga duración y recorrido —como veremos, no fue así—, disponía ya de un generador de Van de Graaff con una esfera de dos metros de diámetro.

Como resultado de esta dedicación y logros, Tuve fue designado miembro del denominado Comité del Uranio que organizó el presidente Roosevelt después de recibir la célebre carta de Albert Einstein de agosto de 1939, en la que le alertaba del peligro de que Hitler pudiese llegar a disponer de bombas atómicas. No obstante, y a pesar de que se puede entender que colaboró con el nacimiento de la Gran Ciencia, tanto al utilizar aceleradores de Van de Graaff como al intervenir en la gestación del Proyecto Manhattan (no en lo que hizo durante la guerra: se ocupó de dirigir el Applied Physics Laboratory, en el que se realizaron trabajos en una escala no demasiado grande), Tuve terminó oponiéndose a ese tipo de investigación científica. Como ha

4. 1 KeV= 1.000 electrón-voltios; 1 MeV= 1.000.000 de electrón-voltios; GeV=1.000 millones de electrón-voltios. 1 electrón-voltio es la energía de movimiento que ganaría un electrón sometido a la diferencia de potencial de un voltio.

señalado Angelo Baracca (1989, 153), «sus elecciones después de la guerra fueron un intento de reaccionar concretamente ante la Gran Ciencia, siguiendo un camino diferente. 'El apoyo gubernamental en gran escala' en campos 'vinculados a luchas por el poder político', escribió en la primavera de 1946 para un programa de investigación, estaban justificados únicamente en una emergencia en tiempo de guerra». Regresó a la Carnegie Institution, de la que fue nombrado director en 1946; abandonó la física nuclear y se dedicó al estudio del interior de la Tierra y a la astrofísica, insistiendo siempre en la necesidad de que los grupos de trabajo fuesen pequeños.

Retrospectivamente, es posible afirmar que, seguramente, Tuve vio con claridad que la Gran Ciencia significaba el establecimiento, como señalaría mucho después el historiador Paul Forman (1987), de un nuevo «contrato» entre los científicos y aquellos que proporcionan los recursos que este tipo de ciencia necesita, y que tal contrato no es inocuo, influyendo en la dirección que toma el conjunto de la propia investigación científica. Al entrar en semejantes territorios, como es obvio, no sólo surgen cuestiones prácticas relativas a la dirección de la investigación científica sino también otras relacionadas con la moral y ética de la ciencia.

Otro ilustre físico que criticó la Gran Ciencia, promoviendo una visión que contenía un fuerte elemento de una visión tradicional, por lo romántica, de la ciencia, fue Eugene Wigner, quien a lo largo de su carrera tuvo sobradas ocasiones de relacionarse con proyectos de Gran Ciencia.

En una conferencia que pronunció en abril de 1964 en el Iowa State College, titulada «El crecimiento de la ciencia. Su promesa y sus peligros», Wigner (1967b, 275-278) se refirió a la Gran Ciencia —citaba a Weinberg— y a la Pequeña Ciencia como los dos extremos posibles de la investigación científica[5]. La segunda, representaba la «ciencia que puede practicar una gran parte de la gente, no como un esfuerzo nacional, sino de manera juguetona, para el disfrute propio y personal». Por el contrario, la Gran Ciencia «es la más preocupante. Es posible bajo cualquier circunstancia», mientras que la Pequeña Ciencia «sólo es posible en un mundo pacífico». Si se supone un mundo de este tipo (esto es, pacífico), explicaba Wigner:

5. Como ya se indicó, Weinberg trabajó con Wigner en el Proyecto Manhattan, y luego también en Oak Ridge, antes de que Wigner, que se consideraba maestro de Weinberg, regresase a Princeton. Véase, en este sentido, la autobiografía de Wigner (1992, 216-217).

> Se pueden imaginar dos posibilidades extremas para el papel de la ciencia. La primera de ellas es ciencia como un esfuerzo concertado de la humanidad para aumentar el depósito de conocimiento y construir, por decirlo de alguna manera, una superpirámide no de piedra sino de nuestro conocimiento de la naturaleza. La segunda posibilidad es la ciencia individual, practicada por aquellos que quieren dedicarse a ella, cada uno para su propia satisfacción y placer.

De todas maneras, Wigner se daba cuenta —¿cómo podía no hacerlo, él que había trabajado para el colosal Proyecto Manhattan?— de que la ciencia marchaba en la dirección de la Gran Ciencia y por ello se esforzaba en determinar algunas de sus principales características, entre ellas, la de que «proporcionaría a la humanidad un propósito y un objetivo que parece que merecen la pena. Exigiría colaboración hacia un objetivo común, en lugar de competición». El problema era que «si se toma en serio la meta de una máxima producción científica —y solamente en este caso podría obtenerse la lealtad de sus miembros—, su búsqueda requeriría de una estricta organización del trabajo científico. Esto sería necesario porque, incluso ahora, ninguna mente individual puede comprender en profundidad todas las partes de nuestro conocimiento, algo que será, además, cada vez menos posible según continúa creciendo el contenido de la información científica». Habría, por consiguiente, que crear una organización que se ocupase de revisar continuamente el edificio científico para asegurarse de su consistencia, algo de lo que el propio Wigner, miembro del Comité de Ciencia e Información dirigido por Alvin Weinberg, se había ocupado, diseñando un proyecto de tal organización. Pero, a la postre, Wigner veía con desagrado y sospecha todas las exigencias que esa Gran Ciencia imponía:

> Se puede temer que sería una pesada y engorrosa empresa y que los participantes en ella se encuentren en una posición no mucho mejor que la de quienes construyeron las pirámides egipcias. Ya no tendrán la impresión de que construyen su propia ciencia, más de lo que puede sentir un trabajador comunista cuando construye su propia fábrica [Wigner era un ferviente anticomunista]. Si las actividades de uno son dirigidas por otros de manera demasiado estrecha, ya no se encuentra la satisfacción que proporciona el trabajo creativo. Incluso si hubiese entusiasmo en la primera, acaso también en la segunda, generación, éste se desvanecería en la tercera y en las posteriores, salvo que la mente y emociones humanas fuesen cambiadas en profundidad con tal fin. Pero incluso si se pudiese hacer esto, parece dudoso que se pudiesen imaginar ideas realmente penetrantes en un sistema cuyo espíritu es tan contrario al espíritu de espontaneidad de nuestra mejor atmósfera científica.

Era la de Wigner ciertamente una visión romántica de la ciencia. Es cierto que tal visión había existido, y que se mantenía y mantendría en las mentes de algunos científicos, aunque cada vez, me temo, menos, y ello independientemente de la aparición de la Gran Ciencia.

## 3. ¿ES LA GRAN CIENCIA UN FENÓMENO CARACTERÍSTICO DEL SIGLO XX?

Antes de continuar, y para situar con mayor precisión el concepto de Gran Ciencia, es preciso preguntarse si ésta apareció únicamente durante el siglo XX, o si hubo precedentes en otros momentos del pasado.

Cuando se plantea una pregunta como ésta, uno de los casos que más rápidamente viene a la mente como posible ejemplo de Gran Ciencia es el del complejo astronómico del que dispuso Tycho Brahe (1546-1601) en la isla de Hven, situada en el estrecho de Sund: Uraniborg.

El castillo-observatorio de Uraniborg disponía de todos los adelantos de la época (anterior, hay que recordarlo, a la invención del telescopio). En el edificio principal, el palacio, había: un pequeño observatorio en la torre sur, que contenía esferas armilares ecuatoriales; un gran observatorio en la misma torre sur, con instrumentos astronómicos, como un semicírculo azimutal, reglas de Ptolomeo, un sextante de latón para medir alturas y un cuadrante medio azimutal; un gran observatorio en la torre norte, repleto de instrumentos como paralácticas y sextantes; un pequeño observatorio en esta misma torre norte, con esferas armilares ecuatoriales; y también imprenta, biblioteca, laboratorio químico, hornos de diversos tipos y viviendas.

Por si fuera poco, al cabo de un tiempo, Brahe decidió construir un segundo castillo-observatorio junto a Uraniborg. He aquí cómo describía el propio Brahe (1602; 2006, 461) esta nueva instalación y por qué la construyó:

> Aunque en la casa principal de la Ciudadela las torres situadas hacia el sur y hacia el norte contienen una buena cantidad de instrumentos instalados en las dependencias [...], y a pesar de su gran tamaño, pueden estar allí con toda comodidad. Pero, luego, andando el tiempo y por circunstancias diversas, decidí construir otros muchos de estos o parecidos instrumentos en número tal que ya no cabían en las diversas dependencias.
>
> Cualquiera de ellos no podía ya ser instalado sin perjuicio para el funcionamiento del que tenía al lado, por lo que hacia 1584 decidí hacer construir sobre cierto promontorio algo fuera de la ciudadela hacia el sur y a distancia de unos 70 pasos de la valla, un observatorio subterráneo distribuido en diversas criptas construidas con sólidos muros de abajo arriba.

Si me he detenido tanto en describir las instalaciones de que dispuso Brahe en Hven es para mostrar que es evidente que para su tiempo aquello era Gran Ciencia. Y no sólo por las instalaciones en sí, sino porque, para disponer de ellas, Brahe necesitó, al igual que sucede con la Gran Ciencia actual, de una generosa y abundamente financiación externa. El rey de Dinamarca, Federico II, fue su mecenas, aunque, para resaltar las semejanzas con el presente, habría que señalar que al hacerlo él lo hacía también el país, Dinamarca, sobre la que el monarca reinaba. Es interesante recordar el decreto, de 23 de mayo de 1576, por el que concedían a Brahe las prebendas necesarias para su centro astronómico:

> Nos, Federico el Segundo de su nombre, hacemos saber a todos los hombres que por nuestro especial favor y gracia hemos conferido y garantizado en feudo, y ahora por esta nuestra carta abierta conferimos y garantizamos en feudo, a nuestro bien amado Tyge Brahe, hijo de Otto, de Knudstrup, hombre y servidor nuestro, nuestras tierras de Hven, con todos los arrendatarios nuestros y de la Corona que viven en ellas, con todas las rentas y deberes que se deriven de ellas, y que por voluntad nuestra y de la Corona las tenga, use y conserve de forma completa y libre, sin ninguna renta, durante todos los días de su vida, y durante tanto tiempo como viva y continúe y prosiga sus *studia mathematices* (García Herrera, 2006, 93).

Ahora bien, a pesar de que, efectivamente, esfuerzos como el dirigido por Brahe posean muchas de las características de lo que llamamos Gran Ciencia, no se los incluye habitualmente en tal categoría. Citaré, en este sentido, a uno de los grandes estudiosos de la Gran Ciencia, el físico, historiador y padre de los estudios cuantitativos sobre el crecimiento científico, Derek J. de Solla Price; más concretamente, uno de los pasajes de su libro, todo un clásico, *Little Science, Big Science*:

> Históricamente pueden citarse numerosos ejemplos de grandes esfuerzos nacionales. Los observatorios de Ulugh Begh en la Samarcanda del siglo XV, de Tycho Brahe en la isla de Hven durante el siglo XVI, y de Jai Singh en la India del siglo XVII, absorbieron buena parte de los recursos disponibles en sus respectivos países. Existen también casos de esfuerzos internacionales, como las grandes expediciones del siglo XVIII para observar el tránsito de Venus. Como muestra de instalaciones de tamaño gigantesco, pueden citarse las enormes máquinas eléctricas construidas en Holanda durante el siglo XVIII, que parecían haber agotado las posibilidades de la ingeniería científica, que permitieron al hombre manejar las más poderosas fuerzas físicas del universo, rivalizando incluso con los relámpagos y proporcionando la clave para entender la naturaleza de la materia y de la propia vida. Comparati-

> vamente, resultan pálidos nuestros sueños en torno a los aceleradores de partículas (Price, 1963; 1973, 36).

## 4. GRAN CIENCIA *VERSUS* PEQUEÑA CIENCIA

Aunque Price reconociese que ante algunos de aquellos proyectos nuestros sueños en torno a los aceleradores de partículas «resultan pálidos», parece claro que reconocía diferencias entre la Gran Ciencia del pasado y la Gran Ciencia del siglo XX. Así escribía:

> La ciencia de hoy desborda tan ampliamente la anterior, que resulta evidente que hemos entrado en una nueva era que lo ha barrido todo, a excepción de las tradiciones científicas básicas. Las instalaciones científicas actuales son tan gigantescas, que con razón han sido comparadas con las pirámides de Egipto y las grandes catedrales de la Europa medieval. Los gastos en personal e inversiones que la ciencia supone la han convertido de repente en un capítulo de gran importancia de nuestra economía nacional. La enormidad de la ciencia actual, nueva, brillante y todopoderosa, es tan manifiesta, que para describirla se ha acuñado el expresivo término de «Gran Ciencia». La Gran Ciencia es tan reciente que muchos de nosotros recordamos sus orígenes. Es tan gigantesca, que muchos comenzamos a lamentar el tremendo tamaño del monstruo que hemos creado. Es tan diferente de la anterior, que recordamos, quizá nostálgicamente, la Pequeña Ciencia, que fue en otro tiempo nuestra forma de vida (Price, 1963; 1973, 34-35).

El problema al que se enfrentaba era el de sustanciar cuantitativamente las diferencias que intuitivamente, o basándose en sus estudios históricos, creía reconocer[6]. Para ello recurrió a sus célebres curvas de crecimiento exponencial, aunque de entrada éstas no lo ayudaban demasiado:

> El crecimiento exponencial general se ha mantenido durante dos o tres siglos.
>
> Hemos visto ya que en la actualidad el 80 o 90 por ciento de la ciencia moderna es una consecuencia directa de un crecimiento exponencial, que se ha mantenido de forma continua y congruente durante largo tiempo. Por lo tanto, el fenómeno que hoy comprobamos se ha producido también en épocas anteriores, a partir del siglo XVIII y quizás incluso desde finales del siglo XVII. [...] La ciencia ha sido siempre moderna, ha estado siempre superando el crecimiento demográfico, continuamente en el límite de su revolución expansiva.

6. Esto no significa que no reconociese que «la diferencia de la Gran Ciencia con respecto de la Pequeña Ciencia no es meramente cuantitativa» (Price, 1963; 1973, 51).

> Si el crecimiento brusco de la ciencia en su ascenso exponencial no es admisible como explicación del tránsito de la Pequeña a la Gran Ciencia, quedamos aparentemente en un estado de perplejidad[7].

La solución que daba a este problema era la de definir Gran Ciencia como la que se producía al llegar las curvas exponenciales a un punto de saturación en el que la pendiente de crecimiento declinaba radicalmente:

> El análisis expuesto parece implicar, por tanto, que lo que llamamos Gran Ciencia corresponde al punto de partida de nuevas circunstancias que interrumpirán la tradición secular y conducirán a nuevos escalonamientos, violentas fluctuaciones, nuevas definiciones de nuestros supuestos y todos los demás fenómenos asociados con el límite superior. Sugiero que en algún momento, todavía no determinado pero situado probablemente en los años cuarenta o cincuenta, hemos atravesado el período intermedio de la curva logística del crecimiento general de la ciencia (Price, 1963; 1973, 67-68).

Al plantearlo en estos términos, relacionándolo con una curva continua y estableciendo la diferencia en función de la pendiente de esa curva, Price reconocía implícitamente que existe una continuidad entre Gran y Pequeña Ciencia. No todos aceptan este punto de vista. Así, Andrew Pickering (1989, 49) ha argumentado que la «Gran Ciencia no representa un cambio superficial en los aspectos externos de la ciencia», sino que la ruptura que introduce «debe ser considerada como la emergencia de una nueva forma de vida [...] inconmensurable con lo que había existido antes». Advirtamos la expresión que utiliza: *inconmensurable*. Gran Ciencia y Pequeña Ciencia son, nos dice, formas de vida inconmensurables, cuyas diferencias no podemos cuantificar; para distinguirlas es necesario analizar aspectos que tienen que ver con la práctica científica, el contexto político, económico y cultural, histórico, en definitiva. Efectivamente, como bien sabemos con relación a los numerosos y variados estudios que surgieron del uso que Thomas Kuhn hizo de la noción de inconmensurabilidad ligada a la idea de cambio de paradigma que introdujo en su célebre libro *Estructura de las revoluciones científicas* (1962), cuando aparece la noción de inconmensurabilidad, la lógica debe dejar paso a la historia.

En realidad, y críticas (filosóficas) como la de Pickering al margen, aunque atractivo, el análisis de Price —que, ciertamente, hizo mucho por atraer la atención de los estudiosos hacia la Gran Ciencia—

7. Price (1973, 38, 48-49, 51).

dejaba demasiadas cuestiones abiertas[8]. No es posible entender qué es la Gran Ciencia al margen de «elementos históricos» como son la tecnología y la política (Weinberg, por supuesto, hacía referencia a ambas, pero no podía incluirlas en su «definición» cuantitativa). No podemos olvidarnos de la tecnología, porque no ha habido ningún proyecto de Gran Ciencia en el que los recursos tecnológicos no hayan desempeñado un papel si no central sí indispensable. Más aún, esta tecnología se manifiesta en grandes equipos o instalaciones: aceleradores de partículas (y los detectores que éstos necesitan), reactores nucleares o telescopios como el espacial Hubble. Diseñar y, sobre todo, manejar instrumentos de este tipo exige equipos muy numerosos, a veces compuestos de cientos de personas, técnicos al igual que científicos.

Y tampoco podemos dejar al margen la política porque la Gran Ciencia requiere de grandes recursos económicos y éstos, en la inmensa mayoría de los casos, los proporcionan los Gobiernos, los únicos que pueden disponer de ellos[9]. Y, por supuesto, la decisión de dedicar una financiación considerable es una decisión política. Como señalaba Joseph Turner (1956, 1055) en un editorial de la revista *Science*, el órgano de la American Association for the Advancement of Science: «lanzar un satélite requiere algún conocimiento de las leyes de la física, pero la decisión no utiliza ese conocimiento ni es asunto de la física. La decisión depende de un complejo sistema de valores que, aunque difíciles de expresar, culmina en determinación de que fondos disponibles deberían ser gastados para promover el IGY [International Geophysical Year] en lugar de, digamos, reducir la deuda pública»[10].

8. Trabajos en los que se examinan los análisis de Price o los estudios posteriores sobre la Gran Ciencia, son Breithecker-Amend (1988), Westfall (2003), Capshew y Rader (1992), y Bodnarczuk y Hoddeson (2008). El último argumenta que a partir de las décadas de 1970 o 1980 habría que dejar de hablar de Gran Ciencia y referirse a la «Megaciencia», como una nueva fase en el gigantismo científico. Yo no seguiré esta idea aquí. Ciertamente, existen diferencias entre, por ejemplo, los aceleradores de las décadas de 1950 y 1960 y el proyectado Supercolisionador Superacelerador, que habría tenido cerca de 90 km de perímetro, o el Large Hadron Collider (LHC) que el Centre Européen de Recherches Nucléaires (CERN) inauguró en el otoño de 2008, con 27 km de perímetro; pero estas diferencias no afectan, en mi opinión, a la esencia de lo que es la Gran Ciencia.

9. Al escribir estas líneas, pienso que su aplicabilidad en el futuro puede ser mucho menor. De hecho, si he añadido una referencia a «la inmensa mayoría», es porque soy consciente del cada vez mayor poder económico de algunas corporaciones industriales. Piénsese, por ejemplo, en el papel que alguna de ellas —las relacionadas con Craig Venter— desempeñaron en el desarrollo del Proyecto Genoma Humano, un proyecto de Gran Ciencia. Me ocuparé de este proyecto más adelante.

10. Citado en Capshew y Arder (1992, 13).

## 5. LA FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS

En cuanto a cuándo comenzó la Gran Ciencia tal y como habitualmente se entiende, se la suele asociar con la física de altas energías[11] y los aceleradores de partículas empleados en esta disciplina, o con el Proyecto Manhattan. Ahora bien, si damos prioridad a la primera (que inicialmente se denominó «física de partículas elementales»), hay que pensar en los ciclotrones que Ernest Lawrence fue construyendo y desarrollando en la Universidad de California, en Berkeley[12]. Sin embargo, en este punto hay que recordar que el primer ciclotrón construido (a finales de 1930) por Lawrence, ayudado por uno de sus estudiantes, Stanley Livingston, medía 12 centímetros de diámetro y costó unos 25 dólares. Comenzó a funcionar el 2 de enero de 1931; el voltaje que se le aplicó fue de 2.000 voltios, con el que las partículas alcanzaron energías de 80 KeV. No era, por consiguiente, demasiado grande, ni requería de los recursos asociados a la Gran Ciencia.

Pero aquel ciclotrón fue únicamente el primer paso en una carrera que ha resultado larga. En la primavera de 1931, Lawrence consiguió una ayuda de 1.000 dólares del National Research Council y en febrero de 1932, de nuevo con la colaboración de Livingston, logró poner en funcionamiento un ciclotrón de poco menos de 30 cm de diámetro que alcanzaba 1.220.000 voltios, y ello aplicando un voltaje máximo de sólo 4.000 voltios. Tampoco era demasiado grande. Sin embargo, en 1939, el año en que Alemania provocó el comienzo de la Segunda Guerra Mundial, Berkeley ya contaba con un ciclotrón de metro y medio de diámetro en el que los electrones podían alcanzar los 16 MeV. Y en septiembre de ese año, Lawrence anunciaba planes para construir uno nuevo que llegase a los 100 MeV. En diciembre recibía el Premio Nobel de Física por «la invención del ciclotrón» y, en abril de 1940, la Rockefeller Foundation donaba 1,4 millones de dólares para la construcción de esa nueva máquina, el último de sus ciclotrones, que iba a tener más de cuatro metros y medio de diámetro, con lo que claramente ya se estaba penetrando en el ámbito de la Gran Ciencia[13].

Ahora bien, en 1940 ya había comenzado la Segunda Guerra Mundial, aunque Estados Unidos no fuese aún uno de sus contendientes. Y

11. Con relación a la física de altas energías, una referencia obligada es Galison y Hevly (eds.) (1992).

12. Aunque podrían recordarse los aceleradores de Van de Graaff (mencionados con anterioridad a propósito de Merle Tuve), a pesar de su gran tamaño, éstos constituyeron más un precursor de la Gran Ciencia que el camino que siguió en la práctica la física de altas energías.

13. Sobre Lawrence y sus ciclotrones, véase Heilbron y Seidel (1989).

cuando, en diciembre de 1941, tras Pearl Harbour, entró en la guerra, pronto estableció un proyecto que muchos han considerado como el primer ejemplo real de Gran Ciencia (Hughes, 2002): el Proyecto Manhattan, destinado a fabricar bombas atómicas.

Creado oficialmente el 13 de agosto de 1942 bajo la denominación de «Manhattan Engineer District» (debido a que su cuartel general se instaló al principio en Nueva York, en la isla de Manhattan), a su frente se puso, el 17 de septiembre, no a un científico o a un ingeniero sino a un militar, a un oficial del Cuerpo de Ingenieros, el entonces coronel (más tarde general) Leslie R. Groves.

No es éste el lugar para ocuparse de la historia del Proyecto Manhattan[14]. Me limitaré, por consiguiente, a mencionar sólo aquello que tiene que ver, directa o indirectamente, con la Gran Ciencia. Y en este punto hay que señalar, en primer lugar, que el Proyecto Manhattan constituyó un nuevo paso, tras los iniciales de Lawrence y sus ciclotrones, en la dirección de la Gran Ciencia. Según avanzaba su desarrollo, iba quedando clara la envergadura del proyecto. No se necesitaba sólo capacidad científica, sino también industrial y tecnológica, además de la cobertura militar, que suministraba una organización e infraestructura esenciales. Hubo que crear varios grupos de trabajo. Estaba, por ejemplo, el Laboratorio Metalúrgico de Chicago, en cuyo reactor, que contenía casi 400 toneladas de grafito, 6 de uranio metálico y 58 de óxido de uranio, y que supervisaba Enrico Fermi, tuvo lugar el 2 de diciembre de 1942 la primera reacción en cadena autosostenida de la historia; también el Radiation Laboratory de Lawrence en Berkeley. Por otra parte, la Westinghouse Electric and Manufacturing Co. se ocupaba de la producción de uranio metálico, y la Mellinckrodt Chemical Works de St. Louis, ayudada por el National Bureau of Standards, de preparar óxido de uranio. El proceso que la Westinghouse estaba empleando para producir el metal era la electrólisis del $KUF_5$, al costo de unos 1.000 dólares por libra. Como el $KUF_5$ era producido fotoquímicamente bajo la acción de la luz solar, este método constituía, de hecho, un freno para la producción. Se encontró entonces que se podía utilizar el tetrafluoruro de uranio en lugar del $KUF_5$, así que se encargó su producción a Harshaw Chemical Co. de Cleveland y a la fábrica que Du Pont tenía en Penns Grove, Nueva Jersey. De la producción de grafito de gran pureza se encargaban la National Carbon Co. y la Speer Carbon Co., siguiendo las sugerencias de los técnicos del National Bureau of Standards. En los estudios de reacciones con

14. Para estudios más detallados, consúltese Rhodes (1988), Hawkins (1983), Truslow y Smilh (1983), y Hoddeson, Henriksen, Meade y Westfall (1993).

neutrones rápidos dirigidos por Breit participaron investigadores de la Carnegie Institution de Washington, el National Bureau of Standards, el Rice Institute y las universidades de Cornell, Purdue, Chicago, Minnesota, Wisconsin, California, Stanford e Indiana. Y en otras tareas participaron científicos de las universidades de, por ejemplo, Virginia, Brown y Yale, y de centros como el Instituto de Investigación Médica Rockefeller y el Iowa State College. La compañía M. W. Kellogg se ocupó de estudiar el proceso de difusión gaseosa para poder diseñar una planta piloto. Para desarrollar métodos de producción de plutonio se construyó, con la participación de la Stone and Webster Engineering Corporation y de Du Pont, una planta en Oak Ridge, Tennessee, conocida como Clinton Engineering Works; empezó a funcionar el 4 de noviembre de 1943. Para la producción en gran escala del plutonio se edificó otra sobre el río Columbia, en Hanford, en la parte central del estado de Washington; de forma análoga al caso de Clinton, fue conocida como Hanford Engineer Works. También hubo que investigar sobre problemas de corrosión, refrigeración, blindaje, protección, o las consecuencias biomédicas, cuestiones estas en las que participaron numerosas empresas y universidades. Como vemos, la tecnología y la industria desempeñaron un papel importante en el proyecto, una característica esta de la Gran Ciencia.

Por último, estaba Los Álamos, el lugar en donde se abordó el problema de utilizar todos los materiales, dispositivos y conocimientos obtenidos en centros como los que acabo de señalar, para fabricar la bomba atómica, la meta final de aquellos trabajos preliminares. Entre las tareas iniciales del Laboratorio Metalúrgico de Chicago figuraba la de realizar un estudio previo de la física de la bomba atómica. Algunos de estos estudios fueron efectuados en 1941, pero eran bastante incompletos. Fue a mediados de 1942 cuando se organizó, todavía en Chicago, un grupo con tal fin bajo la dirección de Robert Oppenheimer, un neoyorquino de ascendencia judía que había estudiado Física y Química en la Universidad de Harvard, ampliando estudios más tarde en Europa, donde estuvo cuatro años, trabajando con Rutherford (Cambridge), Born (Gotinga), bajo cuya dirección se doctoró, Ehrenfest (Leiden) y Pauli (Zúrich).

Oppenheimer fue el director del laboratorio desde el comienzo. Llegó a Los Álamos en marzo de 1943, y a continuación aparecieron investigadores y aparatos de muy diversas procedencias, formando el conjunto de científicos trabajando en colaboración más impresionante de toda la historia de la ciencia anterior. Entre los que estaban o pasaban por Los Álamos se encontraban John von Neumann, Niels Bohr, Richard Feynman, Bethe, Fermi, Teller, Emilio Segré, Victor Weiss-

kopf, Luis Álvarez, Edwin McMillan, Isidor Rabi, Richard Tolman, Lawrence, Arthur H. Compton, Edward Condon, Norman Ramsey o Stanislaw Ulam. Junto a la tecnología descrita antes, no faltaba, por consiguiente, la ciencia. Ambas, ciencia y tecnología, se aliaban en el Proyecto Manhattan, como ocurre siempre en la Gran Ciencia.

En cuanto a la financiación que requirió el Proyecto Manhattan, se tienen las siguientes cifras (Hewlett y Anderson, 1990, 724):

GASTOS TOTALES EN EL PROYECTO MANHATTAN
(en millones de dólares)
(agosto 1942-diciembre de 1946)

| | |
|---|---|
| 1942 | 16 |
| 1943 | 344 |
| 1944 | 939 |
| 1945 | 610 |
| 1946 | 281 |
| TOTAL | 2.191 |

Es interesante señalar que de estos gastos a los trabajos de Los Álamos le correspondieron —hasta el 31 de diciembre de 1945— 74 millones de dólares; en absoluto, por consiguiente, fue este apartado —el más relacionado con la ciencia— el más oneroso del proyecto (en la misma fecha, los gastos de la planta de difusión gaseosa para separar el isótopo 235 del uranio del 238 habían sido de 511 millones, mientras que a la planta electromagnética le correspondían 477 millones, y a los Clinton Engineer Works, 390 millones.)

Entre las diversas consecuencias del éxito (la fabricación de las bombas atómicas que se lanzaron en agosto de 1945 sobre Hiroshima y Nagasaki) del Proyecto Manhattan se encuentra el que la investigación en física nuclear y de partículas elementales se vieron muy favorecidas. En concreto, la construcción de nuevos aceleradores de partículas resultó particularmente beneficiada.

Tras la guerra, Lawrence, siempre buscando nuevos recursos para su laboratorio y sus aceleradores, recurrió al todavía vigente Manhattan Engineer District en busca de ayuda. El general Groves no puso demasiados reparos para apoyar sus planes: entre 1945 y 1946, Berkeley recibió del Ejército, para el acelerador linear de partículas de Luis Álvarez y para el sincrotón de Edwin McMillan, equipos de radar y condensadores valorados en 250.000 y 203.000 dólares, respectivamente. Mientras el Congreso debatía quién iba a heredar las funciones del

Proyecto Manhattan, Groves autorizaba 630.000 dólares para construcciones y 1,6 millones de dólares para el mantenimiento durante seis meses del laboratorio de Lawrence.

El que la costa oeste dispusiese en Berkeley de unas instalaciones bien provistas y en expansión, dedicadas a un campo de conocimiento del que se esperaba que acapararía la investigación de punta en el futuro, no fue algo que los físicos y administradores de las universidades de la costa este aceptasen de buen grado. El 16 de enero de 1946 se reunían en la Universidad de Columbia representantes de 21 instituciones de la región que iba de Filadelfia a New Haven (Yale). Fruto de aquella reunión fue una propuesta a Groves para que financiase el establecimiento de un laboratorio colectivo en la costa atlántica. Las noticias de esta iniciativa llegaron inmediatamente a científicos del Massachusetts Institute of Technology y de Harvard, en Cambridge, Massachusetts, que se apresuraron a efectuar una propuesta similar. La respuesta de Groves fue clara: no había nada que hablar mientras no se pusiesen de acuerdo ambos grupos. Éstos no tardaron mucho en satisfacer los deseos del general. En una reunión que tuvo lugar el 16 de febrero se sentaron las bases para el establecimiento de un laboratorio colectivo dedicado a física nuclear y de altas energías: el Brookhaven National Laboratory (BNL), situado en Brookhaven, Long Island, Nueva York, que comenzaría a funcionar en enero de 1947, bajo contrato con la Atomic Energy Commission, que por entonces acababa de pasar a desempeñar las funciones del Manhattan Engineer District[15]. Es interesante destacar el que diversas instituciones de educación superior uniesen sus esfuerzos (hasta el punto de crear una corporación nueva, Associated Universities, Inc.) para poder competir con Berkeley y acceder así a la Gran Ciencia; de hecho, con la creación del BNL se definía un modelo operativo, basado en la cooperación, que Europa seguiría pocos años después, cuando doce naciones fundaron el Centre Européen de Recherches Nucléaires (CERN)[16].

15. Entre 1951 y 1959, la Atomic Energy Commission dedicó más de novecientos millones de dólares para I+D y casi tres mil quinientos millones para instalaciones en los seis laboratorios nacionales que había heredado del Proyecto Manhattan. Veáse Seidel (1986, 162).

16. El CERN —creado en 1954, con doce naciones como miembros fundadores— constituye el mejor ejemplo de Gran Ciencia europea. Como institución paneuropea tuvo algunos, no muchos, precursores: en los primeros meses de 1948 nació la Organización para la Cooperación Económica Europea; en mayo del mismo año, tenía lugar en La Haya un Congreso de Europa, al que asistieron ochocientas personalidades y que contribuyó de manera importante a que un año después se fundara el Consejo de Europa; y a partir de 1950 se crearon los primeros organismos comunitarios europeos,

Y así, con semejantes orígenes, en los que ciencia, tecnología y política se combinaban, la física de altas energías continuó creciendo, cada vez más y más. Limitándome a citar los aceleradores más importantes construidos, señalaré que en 1952 entró en funcionamiento en Brookhaven (Nueva York) el denominado Cosmotrón, para protones, que podía alcanzar 2,8 GeV; luego vinieron: el Bevatrón (Berkeley, protones; 1954), 3,5 GeV; Dubna (URSS, protones; 1957), 4,5 GeV; Proton-Synchroton (CERN, Ginebra, protones; 1959), 7 GeV; SLAC (Stanford; 1966), 20 GeV; PETRA (Hamburgo, electrones y positrones; 1978), 38 GeV; Collider (CERN, protones y antiprotones; 1981), 40 GeV; Tevatron (Fermilab, Chicago, protones y antiprotones), 2.000 GeV, y SLC (Stanford, electrones y positrones), 100 GeV, los dos de 1986; LEP (CERN, electrones y positrones; 1987), 100 GeV, y HERA (Hamburgo, electrones y protones; 1992), 310 GeV.

Ahora bien, para que la Gran Ciencia pueda continuar prosperando es preciso que exista un acuerdo sociopolítico que garantice el suministro de los cuantiosos recursos que requiere, y no es sorprendente que llegue el momento en que tal acuerdo se cuestione. En el caso de la física de altas energías, esto es algo que ocurrió en la última década del siglo XX en Estados Unidos, que hasta entonces había sido su patria principal. Me estoy refiriendo al Supercolisionador Superconductor (Superconducting Super Collider; SSC), en cuya historia me detendré algo más que en otros casos debido a las interesantes consecuencias que para lo que es la Gran Ciencia se pueden extraer de su estudio.

comenzando con la Comunidad del Carbón y del Acero. En la decisión que condujo a la creación del CERN, junto a argumentos científicos, desempeñaron un papel destacado otros de índole política. El primero, el deseo de poder competir, en una rama de la ciencia que entonces poseía una fuerte significación político-militar, con Estados Unidos. Asimismo, algunos científicos y políticos favorecieron el proyecto para promover la colaboración entre naciones europeas. Para detalles acerca de la historia del CERN, consúltese Hermann, Krige, Mersits y Pestre (1987; 1990) y Krige (ed.) (1996). Otros ejemplos, posteriores al CERN, de colaboración europea científico-tecnológica, con algunas características de Gran Ciencia, fueron la European Atomic Energy Community (EURATOM), creada en 1957 por Bélgica, Francia, Holanda, Italia, Luxemburgo y la República Federal Alemana; la European Research Organization (ESRO; a partir de 1975, European Space Agency, ESA), establecida en 1962; el European Molecular Biology Laboratory (EMBL, 1973); y el Joint European Torus (JET, 1977).

## 6. DIFICULTADES PARA LA GRAN CIENCIA DE ALTAS ENERGÍAS: EL SUPERCOLISIONADOR SUPERCONDUCTOR

Los físicos de altas energías, favorecidos por el ejemplo del Proyecto Manhattan y el prestigio que alcanzó la física nuclear tras la Segunda Guerra Mundial y la posterior guerra fría, recibieron a partir de 1945 un generoso apoyo que tardó en declinar, pero que terminó haciéndolo cuando la ciencia nuclear dejó de tener para los gobiernos el interés que había tenido. Además, la propia dinámica del desarrollo científico y social abrió otros dominios científico-tecnológicos de relevancia sociopolítica, como, por ejemplo, los espaciales asociados a la creación, en 1958, de la National Aeronautics and Space Administration, la NASA (y poco después, como uno de sus programas, el establecimiento, en 1961, a instancias del presidente Kennedy, del Programa Apollo para que un hombre pisase la Luna), o los médicos controlados por los Institutos Nacionales de Salud (uno de ellos fue el que puso en marcha en 1971 el presidente Nixon, destinado a encontrar una cura para el cáncer). Proyectos como éstos hicieron patente que había que imponer algún criterio en la asignación de recursos. (La NASA, por cierto, es un ejemplo de lo que puede ser considerado Gran Ciencia en la que los resultados científicos que se pretenden obtener no son en realidad ni lo principal ni lo suficientemente importantes como para justificar su existencia, y también de la importancia de la tecnología y de la política; recordemos que la agencia espacial norteamericana fue hija del lanzamiento del *Sputnik*, 4 de octubre de 1957, y de la decisión estadounidense de no quedarse atrás con respecto a la Unión Soviética.)

El nuevo contexto socioeconómico que poco a poco fue surgiendo hizo que la justificación tradicional de la física de altas energías tuviera que ser modificada. Los físicos de altas energías se vieron obligados a recurrir a argumentos racionales y utilitaristas, en lugar de a razones de prestigio —cuando no a presiones políticas— para defender su pretensión de continuar ocupando uno de los lugares más altos del presupuesto. Y no tuvieron el éxito que pretendían.

El Supercolisionador Superconductor (Superconducting Super Collider; SSC) fue la víctima más conocida de la nueva etapa que comenzó a abrirse por entonces. Este gigantesco acelerador, que los físicos de altas energías estadounidenses estimaban indispensable para continuar desarrollando la estructura del denominado modelo estándar, iba a estar formado por un túnel de 84 km de longitud que debería ser excavado en las proximidades de una pequeña población de 18.000 habitantes, situada a aproximadamente 30 km al sudoeste

de Dallas: Waxahachie. En el interior del túnel del acelerador, miles de bobinas magnéticas superconductoras guiarían dos haces de protones que, después de millones de vueltas, alcanzarían una energía veinte veces más alta que la conseguida en los aceleradores existentes. En varios puntos a lo largo del anillo, los protones de los dos haces chocarían, y enormes detectores controlarían lo que sucediera en tales colisiones. El coste del proyecto, que llevaría diez años, se estimaba inicialmente en 6.000 millones de dólares.

Después de una azarosa vida, con parte del trabajo de infraestructura ya realizado (la excavación del túnel), el 19 de octubre de 1993, y después de una prolongada, difícil y cambiante discusión parlamentaria, tanto en el Congreso como el Senado, el Congreso canceló el proyecto. Como cabía esperar, muchos físicos de altas energías manifestaron públicamente su desacuerdo con la decisión tomada. Uno de ellos fue Steven Weinberg, premio nobel de física por sus contribuciones al desarrollo de una teoría electrodébil. Es interesante analizar algunos de los comentarios efectuados por Weinberg en un libro, *El sueño de una teoría final*, cuyo origen debe mucho al deseo, sin duda legítimo, de este científico de dar la mayor publicidad posible a sus ideas.

Para Weinberg:

> [Los] problemas del proyecto del Supercolisionador han sido en parte un efecto colateral de cambios políticos ajenos a él. El presidente Clinton ha mantenido el apoyo de la Administración al Supercolisionador, pero él se jugaba menos políticamente en ello que lo que se habían jugado el presidente Bush de Texas o el presidente Reagan, durante cuya administración se inició el proyecto. Lo que es quizá más importante, muchos miembros del Congreso (especialmente los nuevos) sienten ahora que es necesario demostrar su prudencia fiscal votando contra *algo*. El Supercolisionador representa un 0,043 por ciento del presupuesto federal, pero se ha convertido en un símbolo político conveniente (1994, 220-221).

¿Por qué, habría que preguntarse, se sorprendía Weinberg ante hechos como los que señalaba? Cuando terminó la Segunda Guerra Mundial, la física nuclear y de partículas elementales recibió, por razones políticas, sociales y militares, un apoyo del Gobierno Federal y del Pentágono sin precedentes en ninguna otra disciplina científica. Y los físicos nucleares y de altas energías no fueron receptores pasivos ante la generosidad estatal y militar, sino que se esforzaron en desarrollar todo tipo de mecanismos para acceder a los centros desde los cuales se orienta la política científica. No hay duda de que el producto científico de semejante situación fue espléndido: conocemos mucho

mejor las leyes fundamentales por las que se rige la materia, y este conocimiento ha penetrado, fecundándolas, otras ramas de la física, al igual, aunque en menor grado, que otras ciencias. Pero la investigación científica, especialmente la que pertenece a la clase de Gran Ciencia, está condicionada por la situación política, que, a su vez, depende de las creencias sociales vigentes. Weinberg no habría debido, por consiguiente, sorprenderse. Y en realidad no lo hizo. Su análisis fue agudo y perspicaz. Escribía en otro lugar de su libro:

> Durante siglos, las relaciones entre ciencia y sociedad han estado gobernadas por un pacto tácito. Generalmente, los científicos quieren hacer descubrimientos que sean universales o bellos o fundamentales, ya puedan preverse o no beneficios concretos para la sociedad. Algunas personas que no son científicos encuentran excitante este tipo de ciencia pura, pero la sociedad [...] ha estado generalmente dispuesta a apoyar el trabajo en ciencia pura principalmente porque espera que tenga aplicaciones, ya sean a la tecnología o a la medicina o a la guerra. Generalmente, estas expectativas se han mostrado correctas. [...] Pero ahora este pacto parece estar en entredicho. No se trata solamente de que algunos miembros del Congreso hayan perdido su confianza en la ciencia pura; la batalla por los fondos ha llevado a algunos de los propios científicos, que trabajan en campos aplicados, a volverse contra el apoyo a aquellos de nosotros que buscamos leyes de la naturaleza. Y los problemas a los que se ha enfrentado el Supercolisionador en el Congreso son, simplemente, un síntoma de este desencanto de la ciencia pura (Weinberg, 1994, 222-223).

Es conveniente señalar, no obstante, que tras la decisión de abandonar la construcción del Supercolisionador Superconductor hay mucho más de lo que Weinberg indica, o sutilmente sugiere, y es interesante explicarlo porque ilustra los mecanismos e intereses que subyacen detrás de la Gran Ciencia[17].

Weinberg mencionaba cuando escribía, casi de pasada, que «él [el presidente Clinton] se jugaba menos políticamente en ello que lo que se habían jugado el presidente Bush de Texas o el presidente Reagan, durante cuya administración se inició el proyecto». Y es verdad, porque Reagan favoreció el proyecto del SSC debido a que encajaba bien con su megaprograma militar denominado «Iniciativa de Defensa Estratégica». Pero si los posibles —e insistentemente prometidos por los defensores del proyectado acelerador— retornos tecnológicos podían ser atractivos para el presidente y su administración, otro elemento atrajo también la atención: el colisionador debería crear una

17. Un análisis particularmente lúcido es el de Kevles (1997).

gran cantidad de nuevos puestos de trabajo, entre cinco y ocho mil. No es sorprendente, por consiguiente, que la mitad de los Estados de la Unión entrase en la competición —iniciada el 1 de abril de 1987— por la elección del lugar en el que debía instalarse. El 10 de noviembre de 1988, esto es, el día después de que George Bush fue elegido presidente, el secretario de la Energía, John Herrington, anunciaba que el SSC sería construido en Waxahachie. Texas proporcionaría 200 millas cuadradas de terreno y mil millones de dólares para el proyecto. Sin embargo, algunos observadores no dejaron de señalar que el presidente electo llamaba a Texas su hogar y que la delegación texana en el Congreso incluía al *speaker* de la Cámara, Jim Wright, y a los senadores Lloyd Bentsen, que acababa de participar en la competición electoral como candidato demócrata a la vicepresidencia, y a Phil Gramm, representante de Waxahachie.

Tenemos, asimismo, que los entusiasmos iniciales en favor del SSC comenzaron a decaer cuando en 1989 se introdujeron cambios en el diseño del acelerador que elevaron su presupuesto —esto suele ocurrir en los proyectos de Gran Ciencia— a 8.249 millones de dólares, y también porque el Gobierno Federal parecía incapaz de cumplir la promesa realizada por Reagan y Bush al Congreso de que un tercio del coste provendría de fuentes no federales.

Y, así, el proyecto del SSC fue abandonado finalmente. No supo reorientarse, algo que muestra otro de los peligros de la Gran Ciencia, uno que fue señalado por Larry Owens (1997, 827) cuando argumentaba que esta clase de investigación científica «exige planear experimentos con años de antelación y, frecuentemente, adquiere un impulso institucional que hace difícil redirigir, mucho más aún abandonar, grandes proyectos. [...] Algunos argumentan que la Gran Ciencia amenaza la supervivencia de la ciencia más pequeña y más creativa; pero de lo que hay duda es de que pone en peligro a aquellas que ligan sus carreras a grandes proyectos. El reciente colapso del Supercolisionador Superconductor debilitó a la comunidad de físicos de altas energías al igual que a las economías regionales del lugar en el que estaba situado».

En definitiva, si hay ejemplos transparentes de la relación entre ciencia y política, entre ciencia y sociedad, el del SSC es uno de ellos. Y no he mencionado otros factores muy importantes que intervinieron en su historia, como, por ejemplo, el cambio de sensibilidad pública, que pasó a interesarse más por cuestiones como el medio ambiente, y la aparición en escena, como un campo científico enormemente fecundo y, en sentidos evidentes, mucho más próximo a los ciudadanos, de la biología molecular y de las ciencias biomédicas relacionadas con ella.

## 7. OTROS PROYECTOS DE GRAN CIENCIA

Hasta ahora me he centrado en la física de altas energías y en el Proyecto Manhattan como ejemplos «canónicos» de Gran Ciencia, aunque he aludido también a la NASA, cuya caracterización de *ciencia* plantea algunas dudas. Es obligado, no obstante, mencionar, aunque sea brevemente, otros proyectos científicos que pertenecen a la clase de la Gran Ciencia.

Como digo, he destacado el Proyecto Manhattan, pero ¿fue el único esfuerzo científico-tecnológico y político de Gran Ciencia acometido durante la Segunda Guerra Mundial? Es oportuno, en este sentido, citar lo que Mark Walker (1997, 808) señaló: «Peenemünde fue uno de los primeros ejemplos de lo que ha sido denominado Gran Ciencia»[18].

### 7.1. *Peenemünde*

Peenemünde es el lugar, situado en la península de Usedom, en Vorpommern (Alemania), en el que, con la destacada participación de Wernher von Braun (que años más tarde serviría con parecido entusiasmo a la NASA), Alemania construyó los famosos cohetes V-2 que tanto daño (sobre todo moral) infligieron a Gran Bretaña y en concreto a su capital, Londres. En su construcción y mantenimiento participaron tanto la Fuerza Aérea alemana, que suministró cinco millones de marcos para el denominado Instituto Experimental de la Fuerza Aérea de Peenemünde-Oeste, como el Ejército de Tierra, que contribuyó con seis millones para la construcción de otra parte del complejo, el Instituto Experimental del Ejército de Peenemünde-Este. La construcción comenzó en el verano de 1936 y el 3 de octubre de 1942 el primer cohete —o, como diríamos ahora, misil— balístico experimental tierra-tierra fue lanzado con éxito desde Peenemünde-Este. En su momento de máximo esplendor, Peenemünde contó con un personal dedicado a tareas de investigación y desarrollo formado por unas seis mil personas, de las cuales alrededor de cien eran ingenieros. Otras seis mil eran trabajadores no especializados, entre ellos muchos forzados, procedentes o no de campos de concentración. Aunque su éxito político-militar final no fuese el mismo, al igual que el Proyecto Manhattan, los trabajos realizados en Peenemünde constituyeron una combinación entre tecnología y ciencia, en la que dominó la primera.

18. Paul Josephson (1996, 104-107) ha destacado la dimensión de Gran Ciencia de Peenemünde.

Y cuando se habla del espacio, de Peenemünde o de la NASA, y de la Gran Ciencia, surge de manera natural la astrofísica, una disciplina esta, ya sí, completamente científica.

### 7.2. *El telescopio espacial Hubble*

La astrofísica ha sido una de las ciencias que más ha crecido, en lo que a sus exigencias materiales se refiere, a lo largo del siglo XX. Observatorios y telescopios cada vez mayores han sido si no una norma durante la centuria, sí frecuentes. Ahora bien, pocos de esos observatorios (si acaso los complejos en los que se construyeron —en, por ejemplo, Cambridge o La Silla— «cadenas» de radiotelescopios) pueden competir en magnitud y necesidades con los grandes aceleradores, por lo que no está completamente claro considerarlos Gran Ciencia. Mucho más evidente es adjudicar tal clasificación al telescopio espacial Hubble, «Gran Ciencia de la clase más grande» como lo ha denominado su principal historiador, Robert Smith (1992, 184)[19]. El que llegase a ser construido fue un logro formidable... y muy difícil. Hubo que vencer multitud de problemas. El primero, de índole política: se produjo una enconada batalla de política científica entre 1974 y 1977. Luego vinieron las dificultades tecnológicas y de gestión. Finalmente, y tras un coste de dos mil millones de dólares, se puso en órbita alrededor de la Tierra, fuera de su atmósfera, en 1990. Después de tantos trabajos y esfuerzos, se descubrió que su espejo primario (de 2,5 metros) era defectuoso, produciendo imágenes dobles (una misión del transbordador espacial consiguió resolver el problema, añadiendo un espejo corrector).

### 7.3. *El Proyecto Genoma Humano*

Decía antes que una de las razones que condujeron a que el Congreso estadounidense decidiese no continuar financiando la construcción del Supercolisionador Superconductor fue que el interés social y político en la física nuclear y de altas energías dejó paso a otros en el dominio de las ciencias biomédicas. Pues bien, también ahí es posible encontrar proyectos de Gran Ciencia. Uno particularmente evidente es el Proyecto Genoma Humano, propuesto en 1984 con el fin de determinar con precisión la estructura («secuenciar») del genoma humano[20].

19. Veáse también Smith (1989).

20. La literatura que se ocupa del Proyecto Genoma Humano es muy abundante. Un resumen de su historia se puede encontrar en Sánchez Ron (2007, cap. 12). Para mis propósitos aquí, una referencia interesante es Heilbron y Kevles (1989).

Frente a empresas como las mencionadas antes, mayoritariamente llevadas a cabo como esfuerzos nacionales, de un solo país, el Proyecto Genoma Humano tuvo inicialmente una dimensión internacional, aunque a la postre fuese Estados Unidos la nación dominante. Su establecimiento formal se demoró hasta septiembre de 1988, liderado por Estados Unidos, pero con la participación de otros países: Gran Bretaña, Francia, Japón, China y Alemania.

Fue concebido como un proyecto público (esto es, financiado por los erarios de las naciones que participaban en él) destinado a obtener un conocimiento que, además de contribuir al avance de la ciencia, debería tener consecuencias en la salud pública: no sólo desentrañar mecanismos básicos para la vida, sino también averiguar las relaciones entre genes y características determinadas (incluyendo enfermedades) de nuestra especie. Precisamente por esta dimensión, era evidente que su objetivo tenía interés también para la industria privada, con lo que entramos con total claridad en una nueva dimensión de la Gran Ciencia[21]. De hecho, semejante interés no tardó demasiado en manifestarse: lo hizo a través de una compañía comercial fundada en 1998, denominada «Celera Genomics», dirigida por el biólogo molecular Craig Venter.

Licenciado en Bioquímica y doctorado en Fisiología y Farmacología en 1975 por la Universidad de California, en San Diego, Venter trabajó a principios de los noventa para los Institutos Nacionales de la Salud de Estados Unidos, que controlaban el Proyecto Genoma Humano, realizando importantes contribuciones al desciframiento de genes. Tuvo, no obstante, un conflicto con sus jefes y dimitió, fundando en 1992, en Rockville (Maryand), un Instituto para la Investigación Genómica que no buscaba beneficios, y al que una corporación sanitaria, HealthCare Management Investment Corp., aportó setenta millones de dólares de capital. Allí, Venter desarrolló un procedimiento pionero para identificar genes en cadenas de ADN, una técnica (denominada *shotgun*) completamente diferente a la que se estaba utilizando en el Proyecto Genoma Humano (mientras que éste buscaba identificar un gen cada vez, el método de Venter rompía el genoma en millones de fragmentos que se solapan, leyendo máquinas las se-

21. Aunque algunos se refieren a proyectos de Gran Ciencia en empresas privadas anteriores al Proyecto Genoma Humano, en mi opinión, semejante clasificación plantea problemas serios. Véase Hounshell (1992), que trató del caso del gigante químico Du Pont; aunque Hounshell trata su estudio desde el punto de vista de la Gran Ciencia, prefiere, en general, hablar de *Large-scale Research and Development* (Investigación y Desarrollo a gran escala).

cuencias, para, finalmente, poderosos computadores reunir los datos en un secuencia completa de genoma). Con este método (diez veces más barato que el empleado por el proyecto público, y más rápido), Venter secuenció el genoma de una bacteria, *Hemophilus influenzae*, que produce meningitis y sordera, el primer genoma completo de un organismo vivo completado en la historia (los resultados fueron publicados en 1955).

La mención que he hecho a «poderosos computadores» no hace justicia a la importancia que este apartado tecnológico tuvo para los trabajos de secuenciación genómica del equipo de Venter. Y como se trata de un ámbito este, el tecnológico, que, como vengo reiterando, forma parte destacada de la Gran Ciencia, citaré a continuación unos pasajes de la autobiografía de Venter que se refieren a él, en el caso del Proyecto Genoma Humano:

> Cada cálculo que hicimos sobre el procesamiento y ensamblado del genoma humano entero conducía a la misma conclusión: tendríamos que construir uno de los mayores ordenadores de la historia —quizás incluso el mayor del planeta— [...] Nuestro problema rápidamente captó el interés de la industria de los ordenadores. Pronto nos bombardearon con presentaciones las principales compañías: Sun, Silicon Graphics, IBM, HP y Compaq, que acababa de comprar Digital, los fabricantes del chip Alpha, por entonces el procesador más potente disponible [...] Todos trataron de convencernos de que sus ordenadores eran los únicos que podían hacer el trabajo. Ya que todos querían proporcionarnos *el* ordenador que ensamblaría el genoma humano (Venter, 2008, 293).

Pero continuemos con la secuencia temporal correcta. En 1998, Venter anunció su intención de determinar la secuencia del genoma humano, lo que, evidentemente, implicaba competir con el proyecto público. Para alcanzar tal fin, en junio de 1998 creó, aliándose con Applera Corporation, una compañía, que esta vez sí que buscaba beneficios: Celera Genomics, en la que él era al mismo tiempo presidente y principal oficial científico. Enseguida, la compañía afrontó la tarea de secuenciar el genoma de la mosca *Drosophila melanogaster*, cuyo sistema nervioso central tiene muchos genes en común con el de los humanos. Era obvio que se trataba de un ensayo para enfrentarse al genoma humano. Los resultados de aquel primer proyecto de Celera fueron publicados en *Science* el 24 de marzo de 2000, en un artículo con 240 investigadores de todo el mundo figurando como autores (otro rasgo de la Gran Ciencia es el elevado número de autores que suelen firmar los artículos, algo que tiene muy diversas consecuencias; una de ellas es que la responsabilidad —incluyendo las responsabili-

dades por posibles usos o abusos— se diluye)[22]. El número de genes que encontraron en la secuencia (que Venter consideraba de una precisión del 99,9 %) era 14.000.

Por entonces, y haciendo honor a la raíz latina de su nombre (*celera*), la compañía dirigida por Venter ya estaba firmemente implicada en la secuenciación del genoma humano. De hecho, tres meses más tarde, el 26 de junio, Venter, en su calidad de presidente de Celera Genomics, y Francis Collins, director del Proyecto Genoma Humano, realizaron un primer anuncio conjunto manifestando que habían completado la secuenciación del genoma humano. A pesar de lo grandilocuente de la declaración, en la que estuvieron presentes —de nuevo la alianza entre ciencia y política con relación a la Gran Ciencia— el presidente de Estados Unidos, Bill Clinton, y el primer ministro británico, Tony Blair, aún quedaba bastante que hacer. No se había dicho nada, por ejemplo, sobre cuántos genes forman el genoma humano. El 11 de febrero de 2001 se remediaba tal carencia, anunciándose que el ser humano tiene unos treinta mil genes, frente al número de alrededor de cien mil que se suponía antes. El 15 de febrero, el consorcio público presentaba sus resultados en *Nature*, mientras que Celera lo hacía un día después en *Science*. La lista (incompleta) de autores del artículo de *Nature* —el más largo publicado en los 132 años de existencia de esta publicación— ocupaba una página de la revista, 250 investigadores pertenecientes a 24 instituciones; el de *Science* (de 47 páginas de extensión, diez veces más de lo normal en la revista) lo firmaban 283 personas.

El coste aproximado de completar el primer mapa del genoma humano fue de ochocientos millones de dólares. Se dio, por consiguiente, también en este caso, una de las características —coste elevado— de la Gran Ciencia. Ahora bien, este campo biológico-molecular está demostrando la aparición de una nueva característica de la Gran Ciencia: que, al contrario de casos como el de la física de altas energías, puede dejar de serlo —dejar de ser *grande*— debido a innovaciones tecnológicas. Así, en 2005, un equipo de investigadores de la Escuela de Medicina de Harvard presentó un método para secuenciar ADN que, según ellos, lograría alcanzar la misma meta empleando únicamente dos millones de dólares ahora y veinte mil dólares en un futuro próximo. Y otras tecnologías emergentes pueden lograr dentro

22. Este fenómeno se había producido antes en el dominio de la física experimental de altas energías; por ejemplo, un artículo publicado en 1983 en el volumen 50 de *Physical Review* sobre «Observation of exclusive decay modes of b-flavored mesons», lo firmaban 78 investigadores de ocho instituciones diferentes.

de los próximos cinco años secuenciar un genoma humano por mil dólares (Choffnes, Lemon y Relman, 2006).

### 7.4. *Gran Ciencia al estilo soviético*

En casi todo lo dicho hasta el momento —la única excepción importante ha sido la del CERN—, me he referido a Estados Unidos, la patria, podríamos decir, de la Gran Ciencia. Ahora bien, en al menos otra nación prosperó la Gran Ciencia, aunque con bases diferentes que merece recordar: en la Unión Soviética.

Como ha señalado Nikolai Krementsov:

> [La] década de 1930 contempló la emergencia de la Gran Ciencia al estilo soviético. A comienzos de aquella década, los bolcheviques ampliaron mucho su apoyo a la ciencia, extendieron enormemente la red de instituciones científicas, y continuaron elevando el prestigio público de la ciencia y de los científicos. Simultáneamente, comenzaron a limitar la considerable autonomía de que había disfrutado la década anterior la comunidad científica (Krementsov, 1997, 782-783).

Al igual que en las demás esferas de la vida soviética, «los bolcheviques crearon en la ciencia un complejo de instituciones centralizado y jerarquizado, y un aparato burocrático para supervisarlo y controlarlo». Era Gran Ciencia, sí, pero al estilo soviético; una ciencia rigurosa y estrechamente controlada por el aparato político gubernamental. Se trataba, además, de un tipo de investigación científica que encajaba muy bien con la tendencia soviética de aquel tiempo hacia «lo más grande»: ninguna escala parecía imposible, todo se calificaba de manera superlativa; «lo mejor», «lo más grande». Era el recurso científico-tecnológico preferente, que se entendía como seguro, para alcanzar el paraíso socialista.

Semejante estructura alcanzó su forma definitiva en el año de la muerte de Stalin, en 1953, e incluyó «Ciudades de la Ciencia», surgidas al amparo de la guerra fría, como Dubna, Akademgorodok y Puschino.

## 8. CONCLUSIÓN

En las páginas precedentes he intentado analizar algunas de las principales características de la Gran Ciencia, un tipo de investigación científica que, presumiblemente, aunque no con total seguridad, continuará existiendo a lo largo del siglo XXI (por ejemplo, en el dominio de la

investigación del cosmos). En cualquier caso, se mantenga o no, lo que es seguro es que será recordada como un tipo de práctica científica que se ajustó bien al marco político, militar, económico y social —esto es, a la historia— del siglo XX, y que introdujo novedades importantes no sólo en el modo de investigar, sino también en la relación de los propios científicos con los valores asociados tradicionalmente a su profesión y a su responsabilidad moral como tales.

## BIBLIOGRAFÍA

Barraca, A. (1989), «'Big Science' vs. 'Little Science' in post war physics», en M. De Maria, M. Grillo y F. Sebastiani (eds.) (1989), 150-160.

Bethe, H. A. (1958), «Review of *Brighter than a Thousand Suns*»: *Bulletin of the Atomic Scientists*, 14, 426-428.

Bodnarczuk, M. y Lillian H. (2008), «Megascience in particle physics: the birth of an experiment string in Fermilab»: *Historical Studies in the Natural Sciences*, 38, 508-534.

Brahe, T. (1602), *Astronomiae Instauratae mechanica*, Noribergae.

Brahe, T. (2006), *Mecánica de la astronomía renovada*, San Millán, Málaga (versión al castellano de Brahe, 1602).

Breithecker-Amend, R. (1988), *Big Science und das Ende des exponentiellen Wachstums: Zur Wissenschaftsforschung de Solla Prices*, Peter Lang, Frankfurt am Main.

Capshew, J. H. y Rade, K. (1992), «Big Science: Price to the present»: *Osiris*, 7, 3-25.

Choffnes, R., Lemon, S. y Relman, D. (2006), «A brave new world in the life sciences»: *Bulletin of the Atomic Scientists*, 62, 26-33.

De Maria, M., Grillo, M. y Sebastiani, F. (eds.) (1989), *The Restructuring of Physical Sciences in Europe and the United States, 1945-1960*, World Scientific, Singapur.

Forman, P. (1987), «Behind quantum electronics: national security as basis for physical research in the United States, 1940-1960»: *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 18, 149-229.

Galison, P. y Hevly, B. (eds.) (1992), *Big Science. The Growth of Large-Scale Research*, Stanford University Press, Stanford.

García Herrera, N. (2006), «Estudio científico e histórico», en T. Brahe (2006), 21-198.

Hawkins, D. (1983), *Project Y: The Los Alamos Story,* vol. I *(Towards Trinity)*, American Institute of Physics, New York.

Heilbron, J. L. y Kevles, D. (1989), «Finding a policy for mapping and sequencing the human genome: lessons from the history of particle physics»: *Minerva*, 27, 299-314.

Heilbron, J. L. y Seidel, R. (1989), *Lawrence and his Laboratory. A History of the Lawrence Berkeley Laboratory,* University of California Press, Berkeley.

Hermann, A. *et al.*(1987), *History of CERN. Launching the European Organization for Nuclear Research*, North-Holland, Amsterdam.
Hermann, A. *et al.* (1990), *History of CERN. Building and Running the Laboratory, 1954-1965*, North-Holland, Amsterdam.
Hewlett, R. y Anderson, O. (1990), *The New World. A History of the United States Atomic Energy Commission*, vol. I, University of California Press, Berkeley.
Hoddeson, L. P. *et al.*(1993), *Critical Assembly. A Technical History of Los Alamos During the Oppenheimer Years, 1943-1945*, Cambridge University Press, New York.
Hounshell, D. (1992), «Du Pont and the management of large-scale Research and Development», en P. Galison y B. Hevly (eds.) (1992), 236-262.
Hughes, J. (2002), *The Manhattan Project: Big Science and the Atom Bomb*, Columbia University Press, New York.
Josephson, P. (1996), *Totalitarian Science and Technology*, Humanities Press, New Jersey.
Kevles, D. (1997), «Big science and big politics in the United States: reflections on the death of the SSC and the life of the Human Genome Project»: *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 27, 269-297.
Krementsov, N. (1997), «Russian science in the Twentieth century», en J. Krige y D. Pestre (eds.) (1997), 777-794.
Krige, J. (1996), *History of CERN*, vol. III, Elsevier, Amsterdam.
Krige, J. y Pestre, D. (1997), *Science in the Twentieth Century*, Harwood Academic Publishers, Amsterdam.
Owens, L. (1997), «Science in the United States», en J. Krige y D. Pestre (eds.) (1997), 821-837.
Pickering, A. (1989), «Big Science as a form of life», en M. De Maria, M. Grillo y F. Sebastiani (eds.) (1989), 42-54.
Price, D. (1963), *Little Science, Big Science*, Columbia University Press, New York.
Price, D. (1973), *Hacia una ciencia de la ciencia*, Ariel, Barcelona (versión al castellano de Price, 1963).
Rhodes, R. (1988), *The Making of the Atomic Bomb,* Penguin, London.
Sánchez Ron, J. M. (2007), *El poder de la ciencia*, Crítica, Barcelona.
Seidel, R. (1986), «A home for Big Science: The Atomic Energy Commission's laboratory system»: *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 16, 135-175.
Smith, R. (1989), *The Space Telescope: A Study of NASA, Science, Technology, and Politics*, Cambridge University Press, Cambridge.
Smith, R. (1992), «The biggest kind of Big Science: astronomers and the Space Telescope», en P. Galison y B. Hevly (eds.) (1992), 184-211.
Truslow, E. y Smilh, R. C. (1988), *Project Y: The Los Alamos Story,* vol. II *(Beyond Trinity)*, American Institute of Physics, New York.
Turner, J. (1956), «Facts and values»: *Science*, 124, 1055.
Tuve, M. (1959), «Is science too big for the scientist?»: *Saturday Review*, 6 de junio, 48-52.

Venter, C. (2008), *La vida descodificada*, Espasa, Madrid.
Walker, W. (1997), «Twentieth-century German science. Institutional innovation and adaptation», en J. Krige y D. Pestre (eds.) (1997), 795-819.
Weinberg, A. (1961), «Impact of large-scale science on the United States»: *Science*, 134, 161-164.
Weinberg, A. (1967), *Reflections on Big Science*, MIT Press, Cambridge, (Mass).
Weinberg, S. (1994), *El sueño de una teoría final*, Crítica, Barcelona.
Westfall, C. (2003), «Rethinking Big Science: Modest, Mezzo, Ground Science, and the development of the Bevalac, 1971-1993»: *Isis*, 94, 30-56.
Wiener, N. (1958), «Science: The megabuck era»: *New Republic*, 27 de enero, 10-11.
Wigner, E. (1967a), *Symmetries and Reflections*, Indiana University Press, Bloomington.
Wigner, E. (1967b), «The growth of science. Its promise and dangers», en Íd. (1967a), 267-280.
Wigner, E. (1992), *The Recollections of Eugene P. Wigner, as told to Andrew Szanton*, Plenum Press, New York.

# ESTUDIOS SOCIALES DE LA CIENCIA

*Jesús Vega Encabo*

## 1. INTRODUCCIÓN[1]

Los estudios sociales de la ciencia y la tecnología han contribuido en las últimas tres décadas a mejorar la comprensión del lugar que ocupan en las sociedades modernas las actividades de investigación. Dentro de los estudios sociales de la ciencia no sólo se incluyen distintos enfoques teóricos y metodológicos que analizan y describen las prácticas de investigación, sino también todo un movimiento social y político con el objetivo de desenmascarar pretensiones ilegítimas de interés y poder ocultas tras los viejos ideales e imágenes anquilosadas de la ciencia. Desde la aparición del Programa Fuerte de la Sociología del Conocimiento Científico a principios de los años setenta, se han sucedido las propuestas en un intento de aplicar herramientas de las ciencias sociales y de las humanidades al estudio de la ciencia. Sería poco menos que imposible hacer justicia a la riqueza de sus contribuciones en estas páginas[2]. Sin duda, los estudios de la ciencia han contribuido

1. Agradezco las sugerencias y críticas que he recibido de Fernando Broncano, Bruno Maltrás, Diego Lawler, Francisco Javier Gil, Eduard Aibar, Javier Ordóñez y participantes en distintos cursos de doctorado en la Universidad de Salamanca y la Universidad Autónoma de Madrid. La redacción final ha sido posible gracias a la ayuda de dos proyectos financiados por el Ministerio de Educación y Ciencia (BFF2003-04372 2003-6; HUM2006-03221).

2. Hay disponibles algunas buenas introducciones en nuestro idioma. También están accesibles textos originales en recopilaciones de estudios en Ciencia, tecnología y sociedad (González García *et al.*, 1997; Iranzo *et al.*, 1994). En inglés es indispensable la colección de Biaggioli (1999). Los estudios de la ciencia abarcan mucho más que las escuelas sociológicas. Del mismo modo dejaré al margen buena parte de los desarrollos sobre la tecnología. Dos son las razones: por un lado, merecerían por sí solos una dis-

a renovar los problemas tradicionales y han sugerido nuevas formas de abordarlos, al mismo tiempo que han abierto amplias áreas para la investigación al prestar atención a la participación pública en decisiones científicas, la comunicación de la ciencia o el papel de los expertos en la sociedad. No obstante, mi objetivo es situar estos estudios dentro de un marco filosófico y, específicamente, epistemologico: destaco algunos de los préstamos y compromisos de carácter filosófico en algunos de los programas de mayor influencia. Comenzaré con una explicación de cómo entienden la actividad conceptual de la ciencia en cuanto constitutivamente social y argumentaré, entre otras cosas, que, necesariamente, tienen que dejar de lado el nivel de la referencia. Continuaré con los intentos de recuperar la función representacional desde la prioridad de las prácticas y las dificultades con que se enfrentan para recomponer una idea de éxito representacional. Y abordaré, por último, sus presupuestos de carácter relativista en torno a la naturaleza del conocer y sus consecuencias a la hora de configurar la imagen de un sujeto epistémico. Con ello no pretendo sino contemplar sus contribuciones desde el debate epistemológico sobre la procedencia de la autoridad epistémica de las comunidades científicas.

## 2. LA ACTIVIDAD CONCEPTUAL DE LA CIENCIA

### 2.1. *Colmar los huecos del empirismo*

Cualquier acercamiento a la ciencia ha de explicar, por un lado, en qué consiste la maestría de conceptos científicos y, por otro lado, cómo las teorías articulan reticularmente estos conceptos. La filosofía tradicional de la ciencia pretendió una reconstrucción epistemológica según la cual la red de conceptos debería exhibir un cierto orden según un criterio estricto de prioridad epistémica y de necesidad lógica. Las reconstrucciones racionales, en sus diferentes variantes, tenían como objetivo sacar a la luz las condiciones de orden y sentido de la experiencia. Un marco lógico constitutivo (a priori) estructuraba el contacto empírico con el mundo. Esta concepción filosófica tenía una cierta atracción por los fundamentos empiristas: debería ser posible distinguir una base ob-

cusión detallada que no puedo emprender aquí; por otro lado, algunas de las propuestas en sociología de la tecnología fueron aplicación directa de conceptos y estrategias explicativas procedentes de la ciencia. Una buena introducción sobre la cuestión hasta el momento en que fue escrita es el texto de E. Aibar (1996). Consúltense igualmente Bijker *et al.* (1989), Bijker y Law (1992), Williams y Edge (1996), Pickering (1995), Hard (1995).

servacional neutra y las relaciones racionales que permitieran avanzar más allá de lo dado observacionalmente, en general mediante razonamientos inductivos. A esta atracción por el empirismo se añadía una pasión por descubrir los aspectos lógico-formales de la metodología científica, en los que residía la única garantía de racionalidad.

Por muy diversas y fundadas razones, semejante edificio dejó al descubierto muy pronto sus innumerables grietas. Los primeros defensores de la sociología del conocimiento científico aprovecharon algunas de ellas para insertar la dinamita que demolería el edificio. Destacaré las cuatro siguientes: la carga teórica de la observación, según la cual todo esfuerzo por identificar una base de contrastación neutra, no infectada por consideraciones teóricas, está condenado al fracaso; la infradeterminación de la teoría por la evidencia, que sostiene que la aceptabilidad de una hipótesis o de una teoría no puede fundarse *exclusivamente* en los datos o en las evidencias, ya que podría haber hipótesis o teorías alternativas apoyadas por el mismo conjunto de datos o evidencias; el problema de la interpretación, que procede de la necesidad de inyectar significado empírico a las teorías; y la cuestión de la inducción, que ponía en entredicho la posibilidad de explicar en qué consistía la aceptabilidad de las teorías si uno restringía las relaciones de confirmación a relaciones lógicas entre enunciados.

Los pioneros estudios sociales de la ciencia, ya en los años sesenta, pretendieron dar cuenta de la pretensión epistémica de la ciencia sin renunciar a explicar cómo *de facto* las comunidades científicas cerraban los huecos del empirismo. Distintas tradiciones insistieron en un mismo marco de ideas:

1. El aprendizaje de nuestros conceptos empíricos básicos está socialmente determinado y fijado; *aprendemos a ver* dentro de nuestras comunidades. Los datos carecen de *significado* si no se negocian en un largo y amplio proceso de contextualización, y sólo cuando tienen significado, pueden ser aducidos como evidencia. Y, dado que este es nuestro momento privilegiado de contacto con los objetos, asegurarse la conexión con el mundo está en función de este proceso de negociación social o de fijación social de la referencia[3].

2. La infradeterminación pone en entedicho la prioridad de los factores evidenciales en la fijación de la creencia. El debate racional en torno a la evidencia no es suficiente para decidir entre hipótesis

3. La cuestión es discutida dentro del Programa Fuerte de la Sociología (Bloor, 1976) y dentro de las escuelas etnometodológicas (Amman y Knorr-Cetina, 1988).

alternativas. Pero uno podría aceptar el argumento lógico de que es posible que existan alternativas compatibles con un mismo conjunto de datos sin aceptar que *realmente* se produzcan en general casos de infradeterminación. El teórico de los estudios sociales argumenta que no hay tanto espacio para la infradeterminación una vez que se admite que las controversias se zanjan *socialmente*. Pero, como bien ha señalado H. Longino (2002), este planteamiento de la cuestión asume una dicotomía entre factores racionales y factores sociales, como si la evidencia fuera evidencia de manera descontextualizada y no involucrara un marco de presupuestos auxiliares[4]. Los primeros estudios sociales de la ciencia descubren tras el fenómeno de la infradeterminación una realidad compleja de variabilidad de creencias y/o de procesos de negociación.

3. En el trasfondo de los procesos de fijación social de la evidencia y de la creencia, subyace una defensa de que los datos o las creencias están sometidos a lo que se denomina *flexibilidad interpretativa*. Todo significado es variable y negociable según los grupos sociales involucrados en el contexto, o en el proceso de construcción de hechos o de artefactos[5]. Los estudios sociales de la ciencia ofrecen una extensión de lo que se ha de entender por *interpretación* al apoyarse en tradiciones fenomenológicas, interaccionistas o hermenéuticas. Por otro lado, la flexibilidad interpretativa intenta dar cuenta de la indeterminación en la explicación del éxito o del fracaso de una actividad. Por ejemplo, ¿en qué consiste el éxito o el fracaso de un artefacto? La *naturaleza* del artefacto no explica el éxito del artefacto; el éxito es el resultado de un proceso en el que la flexibilidad interpretativa pierde protagonismo y se logra una estabilización de su «función».

Algo parecido ha de ocurrir, por ejemplo, con el éxito en un experimento. No es la naturaleza la que fija el éxito, sino que es el resultado de un proceso en el que la negociación social logra estabilizar una solución en un terreno donde ya no tienen más fuerza los aspectos formales y los factores evidenciales. La amenza de un constante *regreso* sólo se solventa reconociendo en los factores sociales (y retóricos) un mecanismo de cierre de controversias. Por supuesto, la repetición del

4. No puedo entrar en este momento en las dificultades que esta sugerencia de Longino plantea. Véase su *Science as social knowledge* (1990) y *The fate of Knowledge* (2002). Lo que está en juego es la compatibilidd o no de factores sociales y evidenciales. ¿Los estudios sociales de la ciencia muestran la imposibilidad de una genuina epistemología social?

5. La tesis de la flexibilidad interpretativa ha tenido un enorme éxito en la sociología constructivista de la tecnología (Bijker *et al.*, 1989; Bijker, 1997).

experimento carece de fuerza probatoria: la repetición de experimentos supone un punto de vista puramente algorítmico de la actividad experimental que contrasta con la riqueza de conocimiento tácito y cultural que subyace a las prácticas de realización de experimentos. A todo ello habría que añadir el que los científicos están, de hecho, poco interesados en repetir un experimento; buscan la variación sobre las condiciones de realización. Pero el problema más importante se manifista en aquellos casos en que el experimento carece de un criterio para decidir efectivamente cuál es su rango de resultados correctos. Qué sea un buen resultado de un experimento depende de que el aparato funcione correctamente para detectar X; pero un buen aparato para detectar X depende de que ofrezca los resultados correctos. El regreso (más cercano a una circularidad) no hace sino insistir en que no es posible establecer la fiabilidad de un procedimiento utilizando los propios resultados del procedimiento (Collins, 1981 y 1985). El argumento se aplicaría igualmente a nuestras facultades más básicas: ¿Cómo podría estar seguro de la corrección de mis percepciones si el mecanismo perceptivo no fuera un proceso fiable? ¿Y en qué consistiría la fiabilidad del mecanismo si no en que ofreciera percepciones correctas? No puedo apelar a la corrección de mis percepciones para asegurar la fiabilidad del procedimiento y no puedo decidir sobre la corrección de las percepciones sin asegurar la fiabilidad del procedimiento. El problema es que si uno sigue esta línea de argumentación, es mucho más «razonable» abandonarse a un cierto escepticismo. Concluir que es la negociación social y retórica la que decide respecto a la corrección de los resultados y no la naturaleza apenas logra convencer de que la solución más obvia al denominado regreso tendría que haber sido abrazar el escepticismo[6].

4. Parece igualmente disponible una solución sociológica a la cuestión de la inducción. De hecho, no tendría mucho sentido que se planteara una vez que uno reconoce el marco de percepciones compartidas y de expectativas regularizadas dentro de un contex-

6. Este tipo de discusiones se insertan en una línea de raigambre fenomenológica y hermenéutica dentro de los estudios sociales, el denominado *Programa Empírico del Relativismo*, cuyo objetivo es abordar el estudio empírico de la credibilidad desde una puesta entre paréntesis de la naturalidad de la creencia en cada contexto (de lo que se da por supuesto) y sacar a la luz las controversias respecto al significado que subyacen a cada interpretación. Cualquier creencia, hecho o resultado experimental está sometido a flexibilidad intepretativa que se pone en juego en una *controversia*; el sociólogo ha de dar cuenta de tal flexibilidad y de los mecanismos de clausura (consenso, se diría tradicionalmente) de la divergencia; sólo en última instancia los intereses y causas sociales intervendrían como factores elucidadores de la clausura.

to social. Recuérdese el nuevo enigma de la inducción planteado por Goodman en relación a la proyectabilidad de los predicados. Dado que ningún criterio puramente formal de evidencia podría decidir, se necesitan otros factores que ayuden a delimitar entre predicados proyectables y no proyectables. Goodman apelaba a ciertas generalizaciones inductivas «atrincheradas» ya en nuestras prácticas. ¿Qué mejor explicación de este hecho que el que sea el resultado de la convención social o de la negociación social? Los predicados proyectables son predicados *socialmente atrincherados*. Conforman el terreno de lo dado en nuestras formas de vida. La regularidad a la que apelamos en nuestros principios inductivos no es sino la regularidad social en la que insertamos nuestras prácticas inductivas (Collins, 1985).

Dentro de los estudios sociales de la ciencia, en sus distintos programas y enfoques, la atención se dirige hacia la variabilidad de teorías y creencias, y hacia las controversias que se ocultan tras los acuerdos aparentemente más sólidos. La teoría social de la ciencia deberíar explicar, en primer lugar, esta variabilidad de las creencias y, en segundo lugar, cómo estas creencias obtienen *credibilidad* o, si se quiere, *autoridad epistémica*. Las explicaciones se suponen de carácter empírico y sometidas a restricciones metodológicas propias. Bloor enunciaba algunas de ellas en su presentación del Programa Fuerte de la Sociología del Conocimiento Científico. Proponía la siguiente idea rectora:

> El conocimiento es cualquier cosa que la gente tome como conocimiento. Son aquellas creencias que la gente sostiene confiadamente y mediante las cuales vive. En particular, el sociólogo se ocupará de las creencias que se dan por sentadas o están institucionalizadas, o de aquellas a las que ciertos grupos humanos han dotado de autoridad (Bloor, 1976).

La actividad científica no tiene, en lo que concierne a la explicación de su credibilidad, ningún privilegio frente a otras creencias institucionalizadas. Pero afirmar esto significa al mismo tiempo dar por supuesto que no hay ningún tipo de criterios de evidencia o de racionalidad que pueda demarcar la ciencia de otras creencias socialmente aceptadas por otra comunidad cualquiera. La variabilidad de las creencias institucionalizadas sólo está determinada por la variabilidad de los *contextos* sociales en que son creídas y aceptadas con autoridad. Tales creencias se presentan como *naturales*, *inevitables*, *roca firme*. Si hay algo distintivo de la racionalidad de la empresa científica no puede consistir en criterios universales, sino unicamente en cánones convencionalmente establecidos. Bloor sugiere que, metodológicamente, el estudio sociológico del conocimiento científico se someta a los siguientes principios:

el *postulado de causalidad*, que desde una inspiración naturalista impone el requisito de atender las condiciones causales de formación y sostenimiento de la creencia; el *postulado de imparcialidad*, de carácter metodológico, sobre la pretendida verdad o falsedad de tal creencia; el *postulado de reflexividad*, que exige la autoaplicación de los mismos principios a la sociología; y, sobre todo, el tan traído y llevado *postulado de simetría en la explicación*, que apela a un mismo tipo de causas al dar cuenta tanto de las creencias falsas como de las verdaderas. La simetría da *fuerza* a los programas sociológicos sobre el conocimiento y anima su proliferación como «mecanismos» desmitificadores de la cultura sagrada de la ciencia. Se debe a una consideración simétrica respecto a la verdad o la falsedad de las creencias o, mejor, respecto a la credibilidad o no credibilidad otorgadas a un conjunto de enunciados dentro de un contexto social. Desde el Programa Fuerte se aboga por un proyecto de *naturalización sociológica* de la aceptación de creencias, cuyo objetivo es ofrecer *explicaciones de tipo causal* del conocimiento.

Explicar no es equivalente a ofrecer una reconstrucción racional de la aceptación de una teoría. El proceso de explicación de cómo se construye el conocimiento científico, o de cómo se ponen las bases de su credibilidad, no puede apoyarse en supuestas relaciones de prioridad epistémica, porque no es identificable ninguna relación de necesidad epistémica en un terreno de contingencia y variabilidad como es el de las creencias. El conocimiento teórico que proporciona la ciencia está sometido a la *causación sociológica* (Barnes, 1974). La espontaneidad conceptual del ser humano queda constreñida por determinantes socioculturales o por hábitos de pensamiento estabilizados dentro de una cultura. Esta diversidad sociocultural se destaca asimismo en cuanto variabilidad en las creencias institucionales en contraste con *patrones normales* de creencia sociológicamente detectados. La sociología del conocimiento científico rechaza de plano la estrategia de las sociologías más clásicas del conocimiento según las cuales sólo se podía apelar a causas sociales como factor de desviación de los cánones de la verdad y de la racionalidad (como sesgos ideológicos). Difícilmente podría uno identificar una base desde la cual proceder a distinguir las «desviaciones» del orden natural o social, una vez que uno admite la carga teórica de la observación y la infradeterminación. No hay más base, si se quiere, que la *normalidad* empíricamente definida.

No tiene, pues, sentido distinguir entre la aceptación de una teoría y la aceptabilidad de la misma, ya que sólo se requiere explicar tal aceptación y no justificarla. Sin duda alguna, los científicos afirman que tales y cuales son las razones para aceptar una teoría, pero la expli-

cación de este hecho no tiene por qué considerar estas afirmaciones *en cuanto* razones. No tenemos acceso más que a las declaraciones de justificación; no hay un acceso externo a la justificación de la teoría que permita a su vez determinar si es legítima o no tal declaración. Buena parte del debate en torno a la validez y vigencia de los estudios de la ciencia es una cuestión metodológica sobre el acceso a las razones sostenidas en un dominio concreto de prácticas evaluativas.

### 2.2. *Conceptos y reglas*

Muchos de los programas desarrollados en el marco de los estudios de la ciencia comparten una misma imagen sobre la actividad conceptual en cuanto socialmente sostenida. 1) Toda aplicación de un concepto es una práctica. 2) Hay distintas estrategias colectivas para el uso de un concepto. 3) Toda aplicación de conceptos está mediada por intereses. 4) Toda aplicación de conceptos, incluso para aquellos aprendidos por ostensión, está abierta y está infradeterminada. 5) No hay un dominio predeterminado de aplicación de un concepto. 6) Toda aplicación de conceptos es un acto empírico condicionado contextualmente y aceptado en una colectividad según intereses específicos. En su teoría de los conceptos, los estudios sociales parecen aceptar que es *constitutivo* del significado de los términos que expresan conceptos el que respondan a convenciones, intereses y necesidades sociales. Intentemos brevemente ver qué entienden por esto.

Un concepto es un tipo de regla que especifica cómo debe hacerse algo; el que domina el concepto es capaz de identificar las condiciones de su aplicación correcta en circunstancias apropiadas y extraer de su uso consecuencias. Quien comprende un concepto capta, en cierto modo, sus reglas de aplicación. Al decir que los conceptos son reglas, lo que nos importa es que hay condiciones de cómo *deben* ser usados que no se reducen a las condiciones como, de hecho, se usan.

Algunos teóricos sociales de la ciencia han querido argumentar a favor de su concepción de los conceptos desde los rompecabezas wittgensteinianos sobre *seguir reglas*. Las diferencias de interpretación de este problema me servirán para caracterizar dos de las escuelas más importantes de los estudios sociales. Según Michael Lynch (1992), los teóricos del Programa Fuerte, representados por Bloor, se inspiran en la lectura kripkeana (escéptica) de «seguir una regla»; una segunda corriente sigue más de cerca las interpretaciones wittgensteinianas que enfatizan la íntima conexión (interna) entre acciones y reglas, y abre camino a versiones fenomenológicas, semióticas, etnometodo-

lógicas, antropológicas, etc., de la sociología interpretativa del conocimiento científico.

Según el Programa Fuerte, uno se compromete con la tarea de dar una *explicación* de por qué está establecido el orden social y, por tanto, llenar el espacio abierto entre reglas y cursos de acción, un espacio que, según Wittgenstein, no podría llenar ninguna interpretación. Las convenciones sociales juegan el papel de *hechos estables* que fijan la interpretación de las reglas. Dentro de una comunidad, no hay ningún problema respecto a la infradeterminación de las reglas ni al regreso: sus formas de vida y sus prácticas, inculcadas y reforzadas mediante procesos de entrenamiento e instrucción, bastan para cerrar el regreso y conjurar la infradeterminación[7].

La aplicación a la actividad conceptual de la ciencia es directa. Las teorías están tan infradeterminadas por los resultados experimentales como las reglas por las acciones. La elección sólo puede ser explicada apelando a los hechos sociales que se filtran en los procesos de aprendizaje y socialización. El lenguaje de la ciencia no es sino otro juego del lenguaje «gobernado» por convenciones sociales implícitas. No hay nada especial respecto a los conceptos de la ciencia que no esté ya en los conceptos de la vida cotidiana: su supuesta precisión se apoya en parecidos de familia y concluye en más parecidos de familia. El científico sostiene un orden cognitivo como se sostiene un orden social. Los «cortes» no se dan por las juntas naturales que presenta de manera inmediata y evidente el mundo; todo corte es artificial. Todas las esencias son el resultado de convenciones. Bloor apela a la noción wittgensteiniana de *criterio* para dar cuenta de cómo se justifica el uso correcto o incorrecto de un término clasificatorio, criterios que son convenciones dentro de un juego del lenguaje, pero que no por ello escapan a la investigación empírica, puesto que están sostenidas por el hábito y por las «necesidades» en cuanto *intereses sociales*.

El punto decisivo sigue estando, sin embargo, en la normatividad propia del significado. El sociólogo del conocimiento científico cree poder ofrecer una imagen de cómo se aclara tal normatividad mediante la apelación al carácter convencional de los hechos sociales: «Consenso y convención entran así en la historia para dar cuenta de la característica ‘normatividad’ de las reglas» (Bloor, 1992, 270). Y lo hacen porque las convenciones son *constitutivas* de las relaciones internas entre la regla y los casos (o acciones particulares): la relación entre una regla y las acciones es una *relación social*. Las propiedades semánticas de los

7. Para una revisión del debate propuesto por Lynch, véase la última respuesta de Bloor sobre la cuestión (1997) y un artículo reciente de Kutsch (2004).

términos de nuestro lenguaje (o de nuestra teoría científica preferida) son un tipo de relaciones especiales, de hecho, relaciones sociales, en las que intervienen las disposiciones e intereses de los agentes sociales[8]. No hay nada más allá de las prácticas (enraizadas en la corriente de la vida) que sirva para justificar el seguimiento de la regla: allí choca y se retuerce la pala; al seguir la regla, ya no se elige, no se dan razones, se sigue ciegamente. En todo caso, cómo se genere y se mantenga el orden social (o cognitivo), es decir, cuál sea el *fundamento* de las convenciones sigue siendo un misterio que apelar a *intereses o prácticas compartidos* (véase la incipiente circularidad) no logra resolver satisfactoriamente, al menos en primera instancia.

La segunda lectura de la obra de Wittgenstein ve en el significado (y en el seguimiento de reglas y, por ende, en la actividad conceptual) un fenómeno social, pero no privilegia las *explicaciones sociales* de tales actividades. Su énfasis se dirige hacia el contraste entre formulaciones de la regla y actividades o prácticas *gobernadas* por las reglas. Si es así, la conexión entre reglas (en cuanto formulaciones) y cursos de acción es ya interna. El punto de mayor interés para el etnometodólogo de la ciencia (y de la tecnología) reside en la relación entre formulaciones y actividades dentro de los movimientos pragmáticos en el orden temporal de las acciones (Lynch *et al.*, 1983). Invocar (y enunciar) la regla es en sí mismo una actividad contextual y organizada temporalmente que *no otorga* normatividad a acciones previas, ya que las prácticas por sí mismas tienen su base racional. Los instrumentos metodológicos se centran sobre todo en el análisis conversacional, y el objetivo teórico de los estudios es establecer cómo adquiere orden y sentido la actividad misma. El *significado* también es aquí un resultado, pero ahora no es explicado por la puesta en juego de *intereses* previamente constituidos; en el proceso se genera o emerge también el significado intencional de las acciones de los actores sociales que no *preexisten* al proceso. Sin duda, estos estudios han sacado a la luz la dificultad para codificar y formular todos los detalles «significativos» de la práctica científica: las reglas del método científico no son explicativas de las actividades de los investigadores; incluso las descripciones canónicas de los métodos de laboratorio se ven excedidas por los cursos reales de acción, cuyo estudio descriptivo muestra la necesaria incorporación en habilidades y destrezas, la contingencia y

8. Esta tesis es la que aleja la lectura de Bloor de la versión de la paradoja en Kripke, quien rechazaría igualmente una explicación en términos de disposiciones sociales para fijar los hechos del significado, o los hechos en que consiste el seguimiento de reglas.

circunstancialidad de las decisiones y elecciones (el análisis conversacional las descubre), o el modo en que se organiza la investigación en vistas a la presención de resultados publicables, «registros dóciles» que están ya *distanciados* en su formulación de los cursos de acción en tiempo real.

El *lugar* donde adquiere sentido la *actividad científica*, donde se *sitúa* el proceso *contingente* de la creación de orden (social y cognitivo) es, ante todo, el *laboratorio*. Los estudios de laboratorio y de los productos que se manejan dentro del mismo (inscripciones representacionales, documentos, instrumentos, etc.) y que se ofrecen hacia fuera (publicaciones, sistemas técnicos, etc.) cobran entonces un privilegio especial dentro de los estudios sociales de la ciencia (y de la tecnología). La labor de los estudios de la ciencia es, ante todo, etnográfica y antropológica. Todo estudio empírico deber hacerse *in situ*, mediante técnicas de observación participante, con el único objetivo de llegar a una comprensión de cómo se produce orden (social y cognitivo) dentro del laboratorio. En ello, se redescubre una y otra vez la variabilidad de interpretaciones, pero, sobre todo, se pone de manifiesto el hecho de que la actividad científica consiste en la «eliminación de interpretaciones alternativas de los datos científicos» (Latour y Woolgar, 1986, 45). La vida de laboratorio permite describir la forma en que se estabilizan los hechos (son considerados como «objetivos») a partir de un reconocimiento de su carácter sociohistórico.

> La actividad científica no es «sobre la naturaleza»; es una lucha fiera por *construir* la realidad. El *laboratorio* es el lugar de trabajo y el conjunto de fuerzas productivas que posibilita esa construcción. Cada vez que se estabiliza un enunciado, se vuelve a introducir en el laboratorio (a modo de máquina, aparato de inscripción, habilidad, rutina, prejuicio, deducción, programa, etc.) y se utiliza para aumentar la diferencia entre enunciados. El coste de desafiar un enunciado reificado es imposiblemente elevado. La realidad es sagrada (Latour y Woolgar, 1986, 272).

Si los primeros intentos de desarrollar una teoría sociológica del conocimiento científico confiaban en la existencia de hechos sociales y en la posibilidad de construir explicaciones de cómo el conocimiento era un *resultado* de la experiencia y de la sociedad (por mediación de intereses, clases, etc.), la radicalización de los programas etnográficos y antropológicos procede a elaborar enfoques más «refinados» cuya intención última es la de *interpretar* cómo las interacciones de agentes sociales *en el tiempo* generan *significado* y *orden*. En esta línea, ya no tiene sentido separar los factores sociales de factores de otro tipo (quizá internos o puramente científicos) y, como algunos teóricos

se han atrevido a afirmar, esta orientación da al traste definitivamente con el proyecto de estudios *sociales* de la ciencia (y la tecnología). Habría que desterrar el adjetivo «social» y hablar de *estudios de la ciencia. La vigencia de los estudios sociales había durado apenas quince años* (Latour, 1987).

Las prácticas epistémicas son, por tanto, prácticas de creación de orden social y no pueden ser explicadas mediante la apelación a hechos sociales previamente constituidos. La creación de orden es la actividad cognitivo-social por excelencia, un proceso de sacralización, de consagración de la estructura social (*à la Durkheim*). La lucha contra el esencialismo del significado (y de los hechos sociales firmes y estables) se apoya en la temporalidad y contingencia de los procesos que construyeron las «cajas negras» de los hechos. No hay más hechos naturales que hechos sociales. No hay privilegios explicativos. No hay *significados* en sí. ¿En qué consiste, pues, significar? ¿En qué consiste la posesión de un concepto? El uso de conceptos (la actividad teórica) deja traslucir algún tipo de relación social cambiante y negociada, fijada por los cánones de pertinencia en que ha sido elaborada. Si significar consiste sólo en haber sido configurado bajo determinadas relaciones sociales, es claro que la dimensión referencial del lenguaje y lo que es la contribución de las expresiones a determinar el valor de verdad de los enunciados en que aparecen no tienen, aparentemente, ni su lugar ni su explicación. Es esta conexión del lenguaje con el mundo la que da forma a nuestras intuiciones semánticas más básicas; los estudios de la ciencia han de ofrecer alguna explicación de en qué consiste la referencialidad de los lenguajes y la objetividad de nuestras representaciones. Y las soluciones serán, de nuevo, constructivistas, prácticas y deflacionarias.

## 3. LA PRIORIDAD DE LAS PRÁCTICAS

### 3.1. *Conceptos de práctica*

Los estudios de la ciencia adoptaron en la década de los ochenta lo que se ha dado en llamar el «giro de las prácticas». El concepto de «práctica» surge con fuerza en determinados sectores de la filosofía de la segunda mitad del siglo XX (Heidegger y Wittgenstein son sus más conspicuos mentores) y extiende su influencia a todo el pensamiento social y, en especial, dentro de los estudios sobre la ciencia y la tecnología. Como S. Turner se ha encargado de señalar, «las prácticas [...] son el punto de fuga de la filosofía del siglo XX» (Turner, 1994, 1), una especie de «mantra» de la filosofía y de la teoría social pospositivis-

tas. Pero varias definiciones, varias funciones y diferentes usos han hecho de la noción de práctica un vacuo punto de acuerdo entre escuelas y tendencias muy diversas.

En principio, hay un acuerdo tácito en que las prácticas son fuentes de significado y de inteligibilidad. En torno a las prácticas se articula el sentido tanto de las acciones como de las teorías. Toda *constitución* de sentido, en la vida social o incluso, en la vida individual, remite a un conjunto de prácticas características de un fundamental estar-en-el-mundo. Como hemos visto, la explicación última del significado y de su normatividad no puede estar fundada en la comprensión e interpretación de reglas, porque éstas, a su vez, adquieren sentido sólo al apoyarse en el lecho de prácticas que componen la «historia natural» del ser humano dentro de una sociedad. Las prácticas y la comprensión no articulada del mundo en que consisten componen una especie de *trasfondo* sobre el cual se dota de sentido a cualquier otra actividad, en especial, a toda interpretación explícita y a toda justificación.

Pero el concepto de práctica no está libre de dificultades, algunas procedentes de su ambigüedad, otras de ciertos compromisos ideológicos. La idea de práctica, en cuanto que sugiere una mención a la tradición, al conocimiento tácito, a presupuestos compartidos, a «visiones del mundo», parece asociada a una ideología conservadora, que *justificaría* los patrones de conducta de una sociedad sin necesidad de someterlos a crítica y a un proceso de justificación explícita. Es como si, finalmente, los estudios sociales y culturales del conocimiento científico y técnico redescubrieran un viejo y nunca atemperado enfrentamiento entre mentalidades filosóficas: los defensores de una racionalidad ilustrada, universal, que exige la *publicidad* estricta de todos los procedimientos de aceptación de saber, y que confía en la explicitud del saber; y los defensores de «racionalidades tácitas», resistentes a la «racionalización» y «modernización», y que subyacen profundamente a cada cultura o grupo o nación. Las prácticas son rehenes, según los críticos, de una concepción ideológicamente «antidemocrática»[9]. La teoría social que toma las prácticas como «entidades» relevantes en la explicación del orden social sigue de cerca la tradición romántica al renovar contextos de «racionalidades tácitas», focos irreductibles a la «modernización y racionalización».

9. Apelar a las prácticas está sometido a un dilema que, para Fuller, convierte a estos teóricos en irresponsables política e ideológicamente: por un lado, si las prácticas son entendidas a partir de sus formulaciones explícitas, entonces podrían ser usadas para el control social y el ejercicio de poder; pero, por otro lado, si no salen a la luz, ¿cómo podría tener un cierto sentido considerarlas *racionales*?

Una sugerencia en la búsqueda de un concepto explicativo de prácticas, podría ser concebirlas como secuencias repetibles de acción, una especie de rutinas o hábitos compartidos por los miembros de una comunidad y que son resultado de un conocimiento inarticulado, tácito, compartido por los miembros de la misma. Este conocimiento *explicaría* de algún modo las regularidades empíricas detectables. No obstante, la dificultad estriba en ver cómo estos hábitos y rutinas desempeñan su papel explicativo, dadas las dificultades para otorgarles condiciones de identidad y de transmisión claras.

Una segunda opción sería reconocer únicamente «entidades» visibles; las prácticas serían las regularidades mismas, las secuencias repetibles de actividades en un escenario concreto. Pickering habla, en este sentido, de las prácticas como una teoría de lo visible, en la que se resume el trabajo en tiempo real de las transformaciones y extensiones culturales (Pickering, 1995). El significado emerge temporalmente como la estabilización interactiva de los participantes en la práctica. Aun así, tampoco se ve muy claro cómo una simple concepción «regularista» puede dar cuenta al mismo tiempo de la eficacia causal, la identidad y la realidad psicológica de las prácticas (Turner, 1994; Rouse, 1999).

Otra posibilidad residiría en ver las prácticas como una especie de entidades o de secuencias dinámicas con localización espacio-temporal, cuya dinámica propia, continuidad y estabilidad se basan en una coordinación de acciones acompañada de una particular comprensión (Schatzki, 1996). El sentido e identidad de las acciones y de los agentes sólo se constituye en esta secuencia dinámica. Sin duda, este concepto es mucho más interesante, pero necesita aclarar igualmente en qué consiste esa particular comprensión práctica y, sobre todo, cómo intervienen en ello los factores de tipo psicológico. No basta con afirmar que la comprensión práctica es «una batería de habilidades corporales» ni con suponer que la mente misma está constituida por las prácticas.

Una última alternativa sugiere una salida interesante: concebir las prácticas menos como factores explicativos en términos de regularidades identificables (bien visibles, bien invisibles) que desde una concepción *normativa*. Las prácticas responderían a normas de corrección o incorrección y eso mismo las *identificaría* como prácticas. La idea es que una práctica no es reducible ni a una competencia oculta ni a una reguralidad objetiva, sino que involucra evaluaciones normativas compartidas por una comunidad. Además, la idea de que la ciencia debe ser estudiada como conjunto de prácticas culturales pretende restaurar la inteligibilidad de la naturaleza bruta, establecer cómo el significado puede hacerse un hueco en el mundo y renunciar al privilegio episté-

mico de la representación y sus pretensiones ilusorias de objetividad. No hay un corte entre la naturaleza sin significado y la intencionalidad (de la mente): ambas no son más que reificaciones que se constituyen a través de prácticas y en el interior de la misma práctica (Rouse, 1999). En esta línea, la dimensión normativa es autónoma e irreductible; se articula como una determinada concepción del lenguaje (de las prácticas lingüísticas) y de la intencionalidad. Las relaciones intencionales de la mente y el mundo no son sino el trasunto de las relaciones intralingüísticas de los hablantes; la intencionalidad no involucra primariamente una relación representacional con el mundo, sino una relación pragmática con otro hablante en la que están implicadas normas que permiten la interpretación. El problema básico de una postura de este tipo está en su explicación del *éxito* representacional (y las nociones de verdad y referencia), ya que tal comprensión es *constitutiva* del carácter propositivo e intencional de pensamiento y de las prácticas mismas. No sorprende que autores como Rouse tengan que adoptar finalmente una tesis deflacionaria sobre la verdad y el conocimiento. Y me atrevería a decir que también sobre el significado.

El concepto de práctica está sometido a dualidades que hereda del mismo concepto de regla: la más visible es la que contrasta la idea de *regularidad empírica* a la de *norma*; de ella deriva la contraposición entre su posible papel *causal* y su naturaleza meramente *interpretativa*. En último término, esto afecta a la *naturaleza categorial* de las prácticas y a sus condiciones de *identidad*. Y más aún cuando se detecta una ambigüedad más nociva entre versiones puramente individualistas y sociales de la noción de práctica. La respuesta a estas cuestiones no puede ser que los dualismos naturaleza/intencionalidad, causal/normativo o individual/social son igualmente «construidos» a través de las mismas prácticas, que no pueden ser previos. Y no puede ser una respuesta, ya que convertiría las prácticas en entidades misteriosas, con unos extraños poderes, capaces de decidir respecto a la naturaleza de las cosas.

### 3.2. *Prácticas y éxito representacional*

La confrontación representación/práctica ha sido, en muchas ocasiones, el esquema desde el cual reconstruir la renovación de las prácticas dentro de los estudios de la ciencia. En el caso de la ciencia, han apostado por una lectura pragmática del proceso de conocer frente a una interpretación *representacional* de la actividad científica. *La cultura de la ciencia es una cultura pragmática*. Como hemos visto, el verdadero reto consiste en explicar la *intencionalidad* de las acciones humanas y las pretensiones de *conocimiento* desde las *prácticas*, pues

sólo *dentro* de ellas, en marcos materiales, concretos e históricamente situados, emerge el significado. La realidad de la ciencia está en la realidad activa de los agentes que participan en su fabricación.

Desde las versiones más constructivistas de la actividad científica, las representaciones se ven como el resultado de un proceso de manufactura. Construir representaciones es como construir hechos, el resultado de un trabajo artesanal práctico, que incluye tanto la manipulación habilidosa de instrumentos como la gestión conversacional de los resultados, su negociación, su «limpiado», su depuración... La descripción de la actividad de la ciencia es tratada «como si un laboratorio fuera una fábrica en la que se producen hechos en una cadena de montaje» (Latour y Woolgar, 1986, 262). Como en todo trabajo productivo, las «fuerzas de producción» actúan en la fabricación final y configuran el resultado. Las relaciones sociales (de producción) se generan en tal proceso. El orden cognitivo y el social tienden a coincidir. Los etnometodólogos enfatizan el proceso conversacional de dar sentido a las inscripciones de laboratorio, los registros experimentales, gráficos, y, en consecuencia, todo el orden representacional surgido en las sucesivas negociaciones y elecciones de los agentes. Los pragmatistas ven en las realizaciones prácticas heterogéneas (materiales y sociales indistintamente) y temporales la base de toda posible representación. Incluso reconocen en cada representación menos una pretensión de referencia a objetos o hechos *en* el mundo que transformaciones del mundo mismo y transformaciones de las posibilidades de acción sobre el mundo (Rouse, 1999). No es posible identificar una representación con el *contenido representacional* del elemento material (sígnico, dirían los semióticos); es más importante la implementación material y social mediada por instrumentos, habilidades, relaciones sociales; en suma, procesos de inscripción y de distribución.

Las representaciones no son, pues, sino productos artificiales, los cuales deberían poder ser caracterizados de acuerdo a su función. Es obvio que los objetos materiales que encontramos en nuestro entorno son representacionales en la medida en que han sido diseñados y construidos a través de un largo proceso social; y es más que evidente que una representación es tomada como tal si se ofrece como un artefacto sometido a la interpretación. Pero no es menos cierto que tales consideraciones no son suficientes para comprender en qué consiste una representación y cómo cumple su función representacional, y menos aún para distinguir el orden representacional que resulta de las actividades científicas de la manipulación de representaciones en la industria publicitaria, por poner un ejemplo. Sería incomprensible la *cultura de la ciencia* sin situar en su núcleo las prácticas representa-

cionales y sin aclarar su especificidad cultural. La heterogeneidad del orden representacional de la ciencia adquiere su unidad bajo ciertas condiciones de tratamiento de las representaciones en cuanto «artefactos» de registro de información según criterios de fiabilidad reflexivamente considerados y públicamente accesibles. El contexto cultural de la ciencia trata las representaciones como sometidas explícitamente a una evaluación de cómo se sostiene la función representacional y de en qué medida es sensible a verdades. En qué *consista* que sea tomada como una representación no está definido por un conjunto de factores sociales sino por ciertas propiedades que el medio representacional mismo ha adquirido (Vega, 2002). Las representaciones públicas (parte del nexo material de la cultura) son resultado de procesos sociales, pero responden a relaciones con el mundo. No se puede entender en qué consiste que *x* represente si uno no está dispuesto a admitir que el éxito representacional del contenido de *x* está en función de cómo es aquello de lo cual es representación. El orden representacional es incomprensible si se cierra sobre sí mismo.

No obstante, podría contrarreplicar el defensor de los estudios (sociales) de la ciencia, el modo en que la representación se abre al mundo con sentido es a través de prácticas compartidas por una comunidad y que constituyen el núcleo de una cultura. La intencionalidad derivada que adquieren los medios representacionales públicos (y seguramente la intencionalidad de los sujetos individuales) se entiende solamente desde las prácticas intramundanas. Las prácticas devienen *fundantes* de la intencionalidad y el sentido de las acciones mismas.

Sin duda, el reto de la filosofía del siglo XX ha sido hacer compatible este trasfondo de prácticas desde las que adquiere un sentido la intencionalidad con la pretensión de objetividad de nuestras representaciones. El error de una parte de los estudios de la ciencia en su explicación de cómo las representaciones cumplen su función representacional reside en pretender que la mera asociación práctica e interna de un signo a lo que, a partir de ese momento, será su referente, a través de cadenas interminables de otras representaciones, sirve para dar cuenta de la objetividad de la propia representación. No se puede al mismo tiempo no querer abrir la distancia entre las representaciones y los objetos y pretender que la dimensión práctica de las construcción de representaciones explique el éxito de la representación, a no ser que en el mismo proceso constructivo se asegure ese éxito. En otras palabras, toda reconstrucción empírica de los procesos constructivos de representaciones no hace sino constatar el éxito de la empresa, pero no aclarar en ningún caso en qué consiste ese éxito. Si la objetividad consiste en una cierta estabilidad de las

representaciones, ya no importa tanto el cómo surge esa estabilidad cuanto el hecho de que, arbitrariamente, cualquier estabilidad habría manifestado el mismo tipo de éxito.

### 3.3. *La prioridad epistemológica del saber práctico*

La prioridad de las prácticas se engarza en un privilegio fundamental del saber-cómo frente al saber proposicional. Tanto la ciencia como la técnica serían incomprensibles sin formas de saber práctico que se reflejan en las habilidades instrumentales y experimentales, en el trabajo de inscripción. El resultado de exposición pública de los productos científicos oculta finalmente el trabajo y el saber hacer de los investigadores. El privilegio de la teoría es la ocultación de la realidad social de trabajo: el capital teórico se apoya y hace desaparecer como irracional y ajeno el trabajo práctico particular y circunstancial. La pretensión de universalidad y objetividad, la visibilidad de lo público y articulado, condena las prácticas locales y tácitas. La revuelta epistemológica de los saberes prácticos se presenta como una revuelta social y liberadora.

El privilegio epistemológico del saber conceptual (y proposicional) estaba fundamentado en exigencias epistémicas y metodológicas de la ciencia: la racionalidad crítica y la objetividad sólo pueden asegurarse mediante procedimientos explícitos y articulados. ¿Cómo puede llegar a ser discutido y criticado públicamente todo aquello que permanece tácito e inexpresado? Y los saberes prácticos parecen residir en ese terreno que yace oculto tras lo publicado, tras los informes del laboratorio.

Las dificultades con el análisis de los saberes prácticos no han sido, sin embargo, seriamente consideradas por los estudios (sociales) de la ciencia (y la tecnología). Saberes prácticos son identificados con hábitos o habilidades, con estructuras disposicionales, inscritas en el cuerpo. No obstante, por otro lado, estas habilidades se trasladan al terreno social y colectivo, y son constitutivas de las tradiciones de investigación o paradigmas o grupos de investigación. En cuanto incorporados, los saberes prácticos son esencialmente *saber personal*; en cuanto sometidos a la continuidad histórica, los saberes prácticos, estructurantes y constitutivos tanto de las acciones como de los saberes explícitos de una comunidad, tienen un carácter *histórico-social*.

Las *prácticas* en las que han insistido los estudios sociales y culturales de la ciencia parecen, pues, constituidas por habilidades intransferibles de modo formal, mediante un aprendizaje explícito. Este carácter inarticulado procede de una distinción tajante entre modelos

rigurosos, formales, algorítmicos de la codificación y transmisión del conocimiento, y modelos denominados de «enculturación» o de socialización, donde las habilidades requieren de largos períodos de interacciones personales para ser mantenidas (Collins, 1975). La cultura no se enseña, se *absorbe* y esta cultura absorbida se filtra en los productos de la investigación, da forma a la aceptación de resultados experimentales, a la manipulación de los datos, y a la construcción de hechos y teorías. Es más, convierte los conocimientos en saberes locales, que necesitan ser redescubiertos y reinventados en cada nuevo lugar, que forman parte de *tradiciones* estables, incomunicables (McKenzie y Spinardi, 1995).

¿Cómo es posible, entonces, que tales saberes prácticos sean, al tiempo y de modo esencial, personales y sociales? La respuesta más directa sería apelar a un elemento *compartido* por los individuos que están sometidos al mismo entorno cultural. En tal caso, ¿qué sería lo que comparten? Difícil de decir si se apela a un saber tácito, inarticulado e inexpresable. Es como si sólo mediante la postulación de un elemento oculto, invisible, lográramos el milagro de compaginar o armonizar lo personal y lo social para los conocimientos tácitos. Algunos autores defenderían que éste no es el caso para los conocimientos supuestamente explícitos (a mí me gusta más *explícitamente representados*), pues todo lo transmitido está visible, a la luz. Negarían el hecho, por otro lado incontrovertible, de que los instrumentos culturales de transmisión de información y los medios representacionales sólo funcionan *correctamente* bajo un trasfondo de habilidades (en la versión de Searle) o de precomprensión (versión hermenéutica). Los más atrevidos se lanzan a postular misteriosas *tradiciones* para dar cuenta de este trasfondo de precomprensiones que subyace incluso a los procesos algorítmicos y explícitos, que posibilitan la interpretación. Ahora el elemento compartido ha adquirido una arcana y esotérica dimensión histórica. Si la articulación personal/social era difícil de llevar a cabo, asegurar la continuidad histórica de *lo mismo* en el terreno de lo no articulado ni articulable se me antoja una tarea de gigantes.

Es como si nos halláramos ante una paradoja. Tiene cierto sentido postular la prioridad y privilegio de los saberes prácticos, ya que son los procesos de *experiencia* elemental y de *interacción* con el mundo y los otros los que estructuran las prácticas, y están por ello presupuestos en cada posible *interpretación* (incluso del lenguaje cotidiano). Por otro lado, la misma caracterización (desde distintas líneas y versiones) de los saberes prácticos impide que se conviertan en una herramienta teórica, explicativamente interesante, dentro de los estudios de la ciencia, ya que no hay forma alguna de ofrecer una noción coherente

de un saber práctico que sea personal (como un hábito), socialmente compartido e históricamente estable. Su prioridad es ilusoria.

No obstante, las dificultades son exacerbadas innecesariamente por un falso planteamiento del problema. El punto de partida debería estar en el reconocimiento de que, si se trata de una noción epistémica genuina, el saber práctico debería ser caracterizado a partir de sus propiedades normativas. ¿En qué consiste la *normatividad* de los saberes prácticos? En cierta comprensión de las condiciones de éxito del esquema o esquemas de acción que estructuran una competencia práctica. La fijación de las condiciones de éxito y de la comprensión de las mismas se realiza mediante procesos de variación/selección en aprendizajes por la práctica. Todos estos procesos de aprendizaje armonizan una doble dimensión: la conducta abierta y la organización cognitiva de los agentes. Por eso, su adquisición no es misteriosa y aún mantienen un elemento que podría denominarse «tácito» en el sentido de las ciencias cognitivas. La *imitación* es, en esencia, una actividad cognitiva de reactualización de la comprensión de la relación objetivos/planes que se da en un sujeto agente en otro sujeto agente. Algunos temen la postulación de un «espacio de sombras», supuestamente fundado en inferencias teóricas, tras las actuaciones humanas (el espacio cartesiano tan denostado por la filosofía de la mente del siglo pasado). Temor infundado si uno acepta las estrategias teóricas de la ciencia cognitiva. La supuesta *reproducción* cultural debe abordarse desde esta perspectiva de la integración de elementos públicos y de representaciones mentales de los sujetos involucrados. En un sentido, pues, el conocimiento estará inscrito en las acciones, en los cuerpos; en otro, se depositará en manifestaciones públicamente accesibles. En cualquier caso, su transmisión exigirá una comprensión (y, en su caso, una aceptación) de las condiciones de éxito. Aplíquese al caso de la interacción con instrumentos científicos (en su uso) y en la estructuración de las prácticas experimentales, y se verá con facilidad de qué modo los científicos establecen *criterios* sobre la viabilidad o no de sus prácticas. De nuevo, entran en juego sus condiciones de normatividad. Y éstas, a su vez, se tornan esenciales para el posterior debate público sobre la aceptabilidad de los resultados.

Ha sido injustamente olvidado el que este supuesto conocimiento tácito es explícitamente discutido, abierta y públicamente, por las comunidades científicas. Nos podríamos preguntar cómo es esto posible si el saber tácito, en esencia, parece inarticulable e inexpresable. Esta dimensión *tematizada* del saber práctico se pone en juego en las controversias y disputas sobre la aceptación de resultados de investigación de manera constante. Y puede hacerlo porque los sabe-

res prácticos están sometidos a un conjunto de exigencias epistémicas que también han de ser críticamente aceptadas en la discusión pública. Como los teóricos de los estudios de la ciencia se han encargado de hacernos saber, los científicos (y tecnólogos) gestionan hábilmente su conjunto de conocimientos o habilidades tácitas (sus ventajas experimentales y de laboratorio) a la hora de mantener una controversia (Callon, 1999). Pero sólo lo pueden hacer porque la misma discusión no exige su tematización y porque las condiciones de éxito de las prácticas podrían ser sometidas igualmente a escrutinio racional público. La reproducción experimental es cada vez menor en la ciencia, pero no por ello deja de ser una condición estrictamente necesaria para la aceptabilidad (no simple aceptación) de los resultados experimentales. Las habilidades de laboratorio no son *reducibles* a listas de instrucciones; sería por otro lado ridículo intentar hacer explícito todo lo que conforma nuestras acciones cotidianas. Ello no las hace menos *representables* (¡explícitamente en la mente de los investigadores!) para el aprendizaje y la evaluación. Permítanme decirlo de otro modo: nada inefable las condena al terreno de lo hermético; pero, por otro lado, se limita un privilegio epistémico que pretendía establecer un camino reductor y fundador para los conocimientos proposicionales explícitos.

## 4. LA AUTORIDAD DEL CONOCIMIENTO

### 4.1. *Versiones y versiones del contextualismo*

«Conocimiento» no denota una clase natural. Buena parte de las premisas epistemológicas (explícitas o tácitas) de los estudios (sociales) de la ciencia se resumen en esta afirmación. Sería paradójico incluso afirmar que «conocer» es una categoría social estable. La disolución procede a partir de un sutil desliz desde el *conocer* a las *atribuciones de conocimiento*. Si conocer es lo que se toma como conocimiento, su peculiaridad se manifiesta en las atribuciones, primariamente, en las autoatribuciones sociales (sea lo que sea esta autoatribución). Esto es ya fuente de dificultades: un teórico (desde fuera) podría no reconocer tales autoatribuciones. Ninguna atribución podría postularse como privilegiada. El estudio «científico» (sociológico) de los diferentes contextos epistémicos no distingue entre las atribuciones.

Acéptese, pues, que hay tantas adscripciones *correctas* de conocimiento como prácticas de evaluación. No hay soberanías epistémicas, ni puntos de vista externos desde los cuales juzgar la normatividad de una práctica. Finalmente, todo reconocimiento epistémico es interno a cada práctica. En ella se enraíza todo criterio aceptable de

justificación y cada predicado de verdad. Internamente, cada práctica reproduce una relación privilegiada con normas de aceptabilidad fundantes que generan una posible base fundacionalista (Sosa, 1984). Simplemente basta con renunciar a las comparaciones epistémicas entre prácticas mediante la apelación a normas de evaluación de carácter superior. No se pueden reproducir las pretensiones universalistas del conocimiento tal y como se generaron en la ideología ilustrada que ha acompañado a la epistemología moderna (Rorty, 1979).

El argumento del «sociólogo del conocimiento científico» y sus acólitos va incluso más lejos. Pretende que el *relativismo* no sólo no abandona la idea de aceptabilidad racional, sino que es un requisito necesario de tal noción de racionalidad (Barnes y Bloor, 1982). Confía en que la relatividad se apoya firmemente en la variabilidad teórica y de creencias (también en la variabilidad de atribuciones de conocimiento) según circunstancias y contextos. La consecuencia de ello es un relativismo formulado en términos de simetría: la no prioridad entre creencias respecto a sus condiciones de éxito (verdad/falsedad). Y piensa, además, que esta tesis es equivalente a esta otra: *las condiciones para la justificación de creencias no son independientes del contexto de la atribución*. Pero ambas tesis no son equivalentes: ¿no podría ocurrir que las mismas creencias estuvieran justificadas según diferentes estándares de racionalidad? Sólo podría negarse esto bajo un relativismo extremo que impidiera que dos esquemas conceptules compartiesen creencias.

Su argumento es el siguiente: A menos que el contextualismo sea verdadero es imposible escapar a la circularidad, ya que cualquier intento de encontrar «razones» (bien como relaciones evidenciales, bien como principios lógicos) que lleven en sí mismas credibilidad (como dicen Barnes y Bloor) es una tarea condenada al fracaso. Por un lado, toda relación evidencial es necesariamente contextual. Por otro, los principios de la lógica no pueden justificarse de manera no circular. Los criterios de justificación y de conocimiento son dependientes del contexto; éste define lo que es exigible en cuanto a los estándares de calidad y el tipo de responsabilidad epistémica involucrado. Un contextualismo de este tipo está basado en la naturaleza del sujeto epistémico. El sociólogo del conocimiento tendría que explicar cómo se constituye un sujeto colectivo con responsabilidades epistémicas. Ingenuamente cree resolver el problema adoptando una tesis «involuntarista» respecto a la creencia: «La sociología del conocimiento debería evitar formulaciones que asuman que la creencia es voluntaria, una variable bajo el control de un agente libre y activo» (Barnes, 1991, 31). Sin embargo, en este punto, o bien abraza un tipo extraño de externismo

(la creencia es resultado de la *coerción* de las convenciones), o bien acepta que la responsabilidad epistémica es genuina, aunque no está necesariamente toda ella al alcance de la decisión del sujeto epistémico. Sería necesario embarcarse en una descripción y caracterización del contexto de la ciencia y de su sujeto para poder hacer frente a estas cuestiones.

Otra alternativa sería proponer un contextualismo más radical, en el que las creencias sean *definitorias* del contexto desde el cual se evalúa una pretensión de aceptabilidad racional. Sin embargo, esto es demasiado exigente y conduce directamente al relativismo. Parece claro que las creencias pueden ser aducidas como razones en los procesos de justificación y que la coherencia dentro de un sistema de creencias es un criterio mínimo aceptable de racionalidad. Todo contexto intenta no perturbar excesivamente las creencias más centrales, tampoco aquellas que se mantienen sobre lo que es o no es aceptable dentro del contexto. No obstante, exigir que todo lo que se crea sobre lo que es racionalmente aceptable sea constitutivamente dependiente de lo que se crea sobre cómo es el mundo genera una tesis relativista en la que no serían aplicables otros criterios de racionalidad para evaluar las creencias. En último término, nunca podría imaginarse un modo de introducir nuevas demandas de justificación. Todo contextualismo que se pretenda coherente ha de permitir que un contexto admita factores de evaluación que pudieran introducir nuevas exigencias epistémicas. En otras palabras, los contextos no pueden ser radicalmente inconmensurables respecto a sus demandas epistémicas. Todo ello no requiere criterios supracontextuales de racionalidad epistémica, pero no impide el diálogo epistémico entre contextos.

Pero el argumento hacia el «relativismo» desde el contextualismo puede avanzar de forma más rápida si se asume que el conocimiento se genera en contextos locales prácticos. Toda producción de conocimiento es una forma de saber hacer local, idiosincrático; los estudios socioculturales de la ciencia han dado al traste con las pretensiones de que el privilegio epistémico de la ciencia proceda de la identificación de contenidos teóricos, abstractos y universales. Es la actividad *in situ* del laboratorio la que constituye cada pretensión de saber y, por tanto, no debe exceder su contexto de producción. Ahora la pregunta por la aceptabilidad universal o no tiene sentido o debe ser planteada en otros términos: ¿Cómo es posible salir del laboratorio? ¿Cómo puede la producción circunstancial lograr una distribución universal? ¿Cómo puede *circular* el capital de la ciencia? La metáfora económica del capitalismo va a las profundas raíces del problema. La realidad del universalismo de la ciencia es el de su difusión y su distribución,

consiste en su tejer lazos más allá del laboratorio, «encadenar» a los agentes sociales y «transportar» dentro de la red otras creencias, otras culturas e incluso otros particularismos para hacerlos visibles o representables en las cadenas de intercambio[10]. Se trata de una forma diferente de relativismo; no del relativismo que se opone al *absolutismo de los criterios* (o de las creencias) y que no haría más que localizar irremediablemente las ciencias y sus productos en su circunstancia. Se trata de un relativismo *relacional* (un «relacionismo», gusta de decir Latour en ocasiones), en el cual las asignaciones de local y global son imposibles (resultado de la geometría variable). Lo universal es sustituido por aquello que extiende los hilos de la red para atrapar todo lo posible; el «relacionismo» extremo deviene, a pesar de sus declaraciones de buena intención, en una estrategia fáctica de la extensión de la red. «Tejer los lazos» desde el centro del laboratorio es el hecho mismo del poder; la facticidad de las redes universales (o globales) no requiere del apoyo de prácticas normativas ni internas (relativistas) ni externas (relativistas o absolutistas). La autoconciencia del imperialismo cultural que demuestran los estudios socioculturales reflexivos no hacen menos opresora su concepción «relativista».

El primer argumento relativista sacaba a la luz la necesidad de cierto contextualismo epistémico; el segundo argumento disuelve las pretensiones epistemológicas del proyecto cultural de la ciencia. Desde el primer argumento se destaca la necesidad de caracterizar el sujeto epistémico de la ciencia. En el segundo caso, hablar de «sujetos» o de «objetos» deja de tener sentido. El universalismo es poder fáctico del «conocimiento» científico. Sería imposible igualmente caracterizar su credibilidad más allá de los abonados; curiosamente, parece ser un *monopolio* de la verdad: las luchas por el control de los «hechos» suelen acabar en redes privilegiadas.

El contextualismo, sin embargo, parece en cierta medida irrenunciable, pero sigue abierto a una caracterización precisa de la epistemología de la ciencia, de sus prácticas normativas de evaluación y de aceptabilidad racional. La constitución de un contexto epistémico implica, no obstante, la posibilidad de introducir criterios o exigencias de racionalidad más estrictos. El origen de la ciencia moderna depende de la formación de un tipo particular de contexto y de un

10. Estas ideas se defienden en la teoría denominada ANT (Actor-Network Theory). La teoría del actor-red se basa en los estudios de Callon y otros autores franceses, y defiende que los actores en la dinámica de la ciencia se constituyen en redes de canalización de intereses y en procesos de traducción de estos intereses. La identidad del actor está en función de la red.

sujeto garante de su autoridad. Sólo a partir de aquí podría ser caracterizada la *cultura epistémica* de la ciencia. La ciencia genera su propio *contexto cognitivo,* un complejo sistema de medios de obtención de información en el que las interacciones entre instrumentos, medios representacionales y agentes cognitivos crean un flujo de representaciones tanto mentales como públicas (Broncano, 2004; Vega, 2002). Dentro de cada contexto se instauran sistemas de calidad epistémica más o menos exigentes; y estos controles de calidad dependen de la creación de una red compleja de interdepencias sociales, de la acción «coordinada» de agentes cognitivos particulares.

### 4.2. *Sujetos (colectivos) epistémicos*

Durante varias décadas del siglo XX, las ciencias normativas de las que hablaba Husserl (y entre las que destacan la lógica y la epistemología) pretendieron preservar intacta la autonomía de la verdad y de las relaciones racionales, especialmente de la influencia espúrea de la psicología de los sujetos y de los agentes epistémicos. Curiosamente, si la filosofía moderna había descubierto al sujeto como quicio epistemológico, la búsqueda de la *pureza* mediante una «tecnología de la purificación» o una «psicoterapia de la mente» había logrado despojar al sujeto de todas sus propiedades empíricas y convertirlo en una sombra trascendental (en las distintas versiones del idealismo), o reconocer únicamente un método lógico que no implicaba un sujeto cognoscente. La epistemología de la ciencia de la primera mitad del siglo XX ignoraba aún a los sujetos epistémicos.

Los estudios (sociales) de la ciencia, y sus sucesores, se niegan razonablemente a aceptar una epistemología *impersonal* de la ciencia, pero no se quieren ver atrapados tampoco por la postulación de *sujetos epistémicos colectivos.* Las comunidades científicas mertonianas no actúan como sujetos colectivos, aunque sí requieren que los individuos compartan un conjunto de normas o valores que han de ser transparentes para los miembros de la comunidad, es decir, explícitamente aceptados y guía de su conducta. Si el sujeto cartesiano preservaba la integridad del conocimiento al hacerse transparente a sí mismo (la pureza de la mente desencarnada), la institución científica constituye un sujeto epistémico también transparente a sí mismo por mediación de tales normas que preservan de la contaminación de intereses. La sociología tradicional (institucional, normativa) de la ciencia sostiene así la objetividad y universalidad del conocimiento científico. Los estudios de la ciencia desenmascaran la regimentación de los sujetos epistémicos, sean individuales o colectivos, a través de las estrategias

de purificación y de desencarnación. Su inserción sociocultural los despoja de la integridad; descubre en tal pretensión de integridad y honestidad formas de poder y de preponderancia de intereses.

Localizar social e históricamente el conocimiento se lleva a cabo por medio de la localización e historificación de los sujetos epistémicos. Las epistemologías impersonales o colectivo-normativas aseguran la objetividad mediante la cancelación de toda perspectiva, mediante la construcción —por eliminación— de un punto de vista de ninguna parte (Nagel), o del ojo de Dios (Putnam), o una concepción absoluta del mundo (Williams). Reformular el concepto de *objetividad* de la ciencia ha de pasar ineludiblemente por una reconfiguración de lo que sea un *sujeto* para la ciencia. Los proyectos de mayor interés dentro de los estudios (sociales) de la ciencia pretenden reformular la *legítima* pretensión de objetividad de las actividades de investigación sin apelar a una neutralidad o imparcialidad (esencialmente valorativas) cuya justificación la *realidad* de la institución científica y su *inserción sociopolítica* han desmentido con creces en las últimas décadas. A una epistemología falsamente universalista ha de suceder una epistemología de los «puntos de vista»; a un sujeto impersonal o universal ha de suceder un sujeto epistémico *personal*, *localizado*, *incorporado*, *incrustado*.

Bajo los estudios (sociales) de la credibilidad científica (y de la realidad técnica) late la cuestión por la *autoridad cognitiva* de la institución científica y sus productos. Toda pregunta de este tipo no se puede reducir a la identificación descriptiva y empírica del hecho de la autoridad. Ello no quiere decir que los programas empíricos (desde el Programa Fuerte a las teorías del Actor-Red pasando por el Programa Empírico del Relativismo) sean caminos necesariamente errados. Lo que sí se ha de exigir de ellos es la introducción de una genuina hipótesis sobre de dónde derivan las propiedades *normativas* que asociamos a las prácticas cognitivas de la ciencia. Ha de ser algo más que el reconocimiento del *poder* de una *institución*. La institución científica (y las creencias institucionalizadas que sostiene nuestra sociedad por su mediación) acomoda una *estructura normativa* que da *legitimidad* a los juicios de aceptación o de crédito que otorgamos a una creencia. Y, en cierto modo, ello implica situar las evidencias, los resultados experimentales, los descubrimientos, las creencias, etc., en el *espacio de las razones*, constituido *para un sujeto*. La noción de *autoridad epistémica* es inseparable de la *autonomía* que otorga *legitimidad normativa*, y la idea de *autonomía* ha de identificar un *sujeto* que se *autolegisla*. Cuando se comenzó a hablar de intereses, valores sociales, estructuras de poder y otras cosas semejantes dentro de los estudios (sociales)

de la ciencia (y la tecnología), el rechazo provocado procedía de un temor a provocar la deslegitimación de la autoridad de la ciencia y, en cierto modo, el «desorden» social. Si la proliferación de estudios (empíricos o no) desde entonces nos ha convencido de que el modelo sacralizado y mistificado de una ciencia imparcial, objetiva, autónoma y retirada (la metáfora de la *ciudadela* que está preservada de cualquier incursión de las actividades más mundanas por mecanismos de exclusión) no sólo procede de una idealización sino también de una concepción errada de cómo se construye la objetividad y cómo se ejerce la racionalidad, todo ello no debe hacerse a expensas de la pregunta por la *aceptabilidad racional*, la *credibilidad*, la *autoridad* y, consiguientemente, por el *sujeto epistémico*.

Es, por tanto, evidente que el reconocimiento del carácter incorporado, social y espacio-temporalmente situado del conocimiento no puede zanjarse con una simple sustitución de sujetos epistémicos: no basta con pasar de una «ciencia de Marte» a una «ciencia de Venus» (como sugieren algunos estudios feministas), ni con dar *prioridad epistémica* (y *autoridad constructiva*) a puntos de vista excluidos o marginados (ésta ha sido la motivación última de la lucha de colectivos como las mujeres, las razas, el proletariado o culturas no occidentales). Optar por esta última posición requeriría argumentar que es razonable pensar que los sujetos socialmente situados de las epistemologías del punto de vista generan criterios de objetividad superiores (Harding, 1996, 242). Esto sólo sería posible mediante la selección previa de un conjunto de valores (y de intereses) que, desde la situacionalidad contingente de estos colectivos, superara su constitutiva parcialidad. El argumento es ya un clásico en las epistemologías marxistas. Sólo el oprimido y marginalizado es capaz de producir una imagen *no distorsionada*, *no ideológica*, de la realidad; a partir de ahí ha de proceder la investigación científica. Tal punto de vista no es único, pero sí tiene un privilegio al incorporar valores e intereses excluidos, que puedan proceder de las mujeres, hombres de color, otras razas, culturas locales, etc. La marginalidad adquiere un «valor epistémico y científico positivo» (Harding). Evidentemente, tal sustitución de sujetos epistémicos da por supuesto, más que argumenta, que no hay posibilidad de conocimiento no enraizado en valores e intereses históricos y particulares. Grupos, géneros, razas o clases *devienen* (en su adquisición de autoconciencia, por otra parte) sujetos epistémicos y sujetos de la historia (en su lucha contra la dominación). Son sujetos incorporados, histórico-sociales, múltiples y heterogéneos.

Pero la cuestión última no se sitúa aquí: ¿Qué asegura que tales puntos de vista, que tales subjetividades *condicionadas*, son fuente de

una *mayor* objetividad? Parece asegurarlo la condición de reflexividad, que hace de los mismos grupos objeto del conocimiento: el empobrecimiento objetivista procede de un ocultamiento de los deseos, valores e intereses históricos de cada comunidad. El apuntalamiento de la autoridad epistémica de la subjetividad condicionada se hará sólo mediante una integración en proyectos democráticos que permitan la *crítica reflexiva* de los presupuestos epistemológicos de toda investigación y la puesta en juego de *razones morales y políticas*. Sólo esto asegurará la *autoridad cognitiva* de los intereses y valores sociales *ineludibles* en toda investigación científica: la democracia, en cuanto estructura política, es *constitutiva* de la generación sistemática de creencias menos parciales y distorsionadas porque es el único modo de promover *valores participativos* frente a los *coercitivos*. ¡La producción de conocimiento es principalmente una cuestión ético-política! La legitimidad epistémica del marginado procede finalmente de la legitimidad política de las democracias. En otras palabras, el epistemólogo del punto de vista sólo puede ofrecer una integración de las perspectivas múltiples desde la organización política, lo que deja aún por demostrar su superioridad cognitiva.

La multiplicación de los sujetos epistémicos podría no consistir más que en el reconocimiento de que las tareas cognitivas requieren *individuos en interacción*. Desde esta perspectiva de interaccionismo social, el reconocimiento de los «huecos del empirismo» no lleva ineludiblemente a la desaparición de la autoridad epistémica de la ciencia y a la incursión de las preferencias *subjetivas* en las elecciones científicas. De lo que se trata es de dar sentido epistémico genuino al desafío que plantea la *estabilidad* de los datos y de las relaciones evidenciales entre datos e hipótesis (que requiere de la presencia de *presupuestos de transfondo* para asegurar la intepretación). Formas de empirismo (social o contextual; Longino, 1990) apelan a las interacciones entre individuos para dar cuenta del modo en que observaciones e hipótesis se estabilizan mutuamente, dados presupuestos implícitos, que sólo serán sometidos a crítica efectiva si se incluyen en la comunidad puntos de vista alternativos.

> El conocimiento científico, en esta concepción, es un resultado del diálogo crítico en el que se embarcan, unos con otros, individuos y grupos que sostienen diferentes puntos de vista. Es construido no por los individuos sino por una comunidad dialógica interactiva. Una práctica comunitaria de investigación productora de conocimiento en la medida en que facilita la crítica transformadora. La constitución de la comunidad científica es crucial para este fin como lo son las interrelaciones entre sus miembros (Longino, 1996, 272).

Por tanto, el sujeto epistémico de la ciencia legítimamente autorizado ha de ser una *comunidad dialógica interactiva* que asegure las siguientes condiciones (Longino): 1) La existencia de foros *públicos* de *crítica* de la evidencia, métodos, asunciones y razonamientos dentro de la comunidad. 2) La admisión de *disensión* y de *cambio* guiados por la crítica. 3) El reconocimiento *público* de criterios de evaluación. 4) *Igualdad* de la autoridad cognitiva.

Una posición semejante se ve, sin embargo, sometida a una ambigüedad esencial que deriva de la noción de *publicidad* a la que apela. Podría ocurrir que tales «foros públicos» fueran *internos* a la comunidad científica; si fuera así, nada diferencia una comunidad dialógica interactiva de una comunidad científica mertoniana, puesto que las *normas* mertonianas simplemente buscaban asegurar (mediante la apelación a procesos de socialización) la interiorización de un principio básico de publicidad. Pero, por otro lado, Longino tiende a hacer confluir esta exigencia interna de publicidad con un «reconocimiento público» amplio y, en este caso, el empirismo no puede admitir como «criterio» universalmente aceptable más que la *adecuación empírica*. Los valores contextuales, públicamente reconocidos, se reintroducen dentro de las comunidades científicas como «criterios localmente adaptativos» (según intereses y necesidades de la sociedad).

Es obvio que la ciencia moderna está sometida a un doble «imperativo» de publicidad, cuyas vertientes actúan coordinadamente, pero *de modo diferenciado*:

1. Por un lado, el espacio interno de las interdependencias de los científicos se constituye bajo la presión de someterse a los requisitos de una *esfera pública*, es decir, a las condiciones de *paridad*, *interés general* e *inclusión irrestricta* (Habermas, 1990) en la evaluación de su producción interna dentro de un marco de *comunicación racional* de los miembros de la comunidad; y en ello consiste, desde mi punto de vista, el atractivo de la comunidad dialógica interactiva de Longino, que asegura el correcto funcionamiento de redes de *confianza epistémica* y la *legítima autoridad cognitiva de la ciencia* al postular la *autonomía* del *sujeto epistémico*.

2. Por otro lado, la ciencia necesitará para su reconocimiento y su continuidad sociales la inserción en el *espacio de la esfera pública*, dentro de la cual habrá de presentar su empresa como contribuyendo de manera confiable al cumplimiento de objetivos sociales y políticos igualmente legitimados, lo cual asegura la *confianza social*.

Los estudios de la ciencia surgieron de la pretensión de responder a la institucionalización de la creencias científicas (su aceptación social); la tarea sólo puede cumplirse si estos estudios se embarcan en la doble tarea de reconocer los mecanismos de autolegislación con los que se dota un sujeto epistémico de individuos en interacción (el reconocimiento de su autonomía como fuente de autoridad legítima) y los mecanismos de confianza social que delimitan su credibilidad.

## BIBLIOGRAFÍA


Aibar, E. (1996), «La vida social de las máquinas: orígenes, desarrollo y perspectivas actuales en la sociología de la tecnología»: *Revista española de investigaciones sociológicas*, 76, 141-170.

Amam, K. y Knorr-Cetina, K. (1988), «The fixation of (visual) evidence»: *Human Studies*, 11, 133-169.

Barnes, B. (1974), *Scientific Knowledge and Sociological Theory*, Routledge/Kegan Paul, London/Boston.

Barnes, B. (1977), *Interests and the Growth of Knowledge*, Routledge/Kegan Paul, London.

Barnes, B. (1991), «How not to do the sociology of Knowledge», en A. Megill (ed.), *Rethinking Objectivity*, Duke University Press, Durham/London, 321-335.

Barnes, B., y Bloor, D. (1982), «Relativism, Rationalism, and the Sociology of Knowledge», en M. Hollis y S. Lukes (eds.), *Rationality and Relativism*, The MIT Press, Cambridge (Mass), 21-47.

Biaggioli, M. (ed.) (1999), *The Science Studies Reader*, Routledge, London.

Bijker, W. E. (1997), *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs. Toward a Theory of Sociotechnical Change,* The MIT Press, Cambridge (Mass).

Bijker, W. E., Hughes, T. P. y Pinch, T. J. (eds.) (1989), *The Social Constructions of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, The MIT Press, Cambridge (Mass).

Bijker, W. E. y Law, J. (eds.) (1992), *Shaping Technology/Building Society: Studies in Sociotechnical change*, The MIT Press, Cambridge (Mass).

Bloor, D. (1976), *Knowledge and social imagery*, University of Chicago Press, Chicago.

Bloor, D. (1983), *Wittgenstein. A Social Theory of Knowledge*, McMillan, London.

Bloor, D. (1992), «Left and Right Wittgensteinians», en A. Pickering (ed.) (1992), 266-282.

Bloor, D. (1997), *Wittgenstein: Rules and Institutions,* Routledge, London.

Broncano, F. (2004), *Saber en condiciones*, Antonio Machado, Madrid.

Callon, M. (1986), «Some elements of a sociology of translation domestication of the scallops and the fishermen of St. Brieux Bay», en J. Law (ed.), *Power, Action and Belief. A New Sociology of Knowledge?*, Routledge/Kegan Paul, London/Boston, 196-229.

Callon, M. (1994), «Is science a public good?»: *Science, Technology, & Human Values,* 19, 395-424.
Collins, H. M. (1974), «The TEA Set: Tacit Knowledge and Scientific Networks»: *Science Studies*, 4, 165-186.
Collins, H. M. (1975), «The Seven Sexes: A Study in the Sociology of a Phenomenon, or the Replication of Experiments in Physics»: *Sociology*, 9, 205-224.
Collins, H. M. (1981), «Son of Seven Sexes: The Social Destruction of a Physical Phenomenon»: *Social Studies of Science*, 11, 33-62.
Collins, H. M. (1985), *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*, The University of Chicago Press, Chicago.
Collins, H. M. (1997), «Un programa empírico de relativismo en sociología del conocimiento científico», en M. I. González García, J. A. López Cerezo y J. L. Luján (eds.) (1997), 49-66.
Collins, H. y Yearly, S. (1992), «Epistemological Chicken», en A. Pickering (ed.) (1992), 301-326.
González García, M. I., López Cerezo, J. A. y Luján, J. L. (eds.) (1997), *Ciencia, tecnología y sociedad*, Ariel, Barcelona.
Habermas, J. (1990), *Historia y crítica de la opinión pública*, G. Gili, Barcelona.
Hacking, I. (1983), *Representing and Intervening: Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, Cambridge University Press, Cambridge (Mass).
Hacking, I. (1999), *The social construction of What?*, Harvard University Press, Cambridge (Mass).
Hard, M. (1994), «Technology as Practice: Local and Global Closure Processes in Diesel-Engine Design»: *Social Studies of Science*, 24, 549-585.
Harding, S. (1996), *Ciencia y feminismo*, Morata, Madrid.
Iranzo, J. M. *et al.* (coords.) (1994), *Sociología del conocimiento y de la ciencia*, CSIC, Madrid.
Knorr-Cetina, K. (1981), *The Manufacture of Knowledge: An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science*, Pergamon, Oxford/ New York.
Knorr-Cetina, K. (1994), «Laboratory Studies: The Cultural Approach to the Study of Science», en S. Jasanoff *et al.* (eds.), *Handbook of Science and Technology Studies*, Sage, Los Angeles, 140-166.
Knorr-Cetina, K. (1999), *Epistemic Cultures*, Harvard University Press, Cambridge (Mass).
Kutsch, M. (2004), «Rule-Scepticism and the Sociology of Scientific Knowledge: The Bloor-Lynch Debate Revisited»: *Social Studies of Science*, 34, 571-591.
Latour, B. (1987), *Science in Action*, Harvard University Press, Cambridge (Mass).
Latour, B. (1993), *Petites leçons de sociologie des sciences*, La Découverte, Paris.
Latour, B. (1999), *Politiques de la nature. Comment faire entrer les sciences en démocratie*, La Découverte, Paris.

Latour, B. (2001), *La esperanza de Pandora. Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*, Gedisa, Barcelona.

Latour, B. y Woolgar, S. (1986), *La vida en el laboratorio*, Alianza, Madrid.

Law, J. (ed.) (1986), *A Sociology of Monsters. Essays on Power, Technology and Domination,* Routledge, London/New York.

Law, J. y Hassard, J. (eds.) (1999), *Actor-Network and After*, Blackwell, Oxford.

Longino, H. (1990), *Science as social knowledge*, Princeton University Press, Princeton.

Longino, H. (1996), «Subjects, Power, and Knowledge: Description and Prescription in Feminist Philosophies of Science», en E. Fox Keller y H. E. Longino (eds.), *Feminism & Science*, Oxford University Press, Oxford, 264-279.

Longino, H. (2002), *The Fate of Knowledge*, Princeton University Press, Princeton/London.

Lynch, M. (1985), *Art and Artifact in Laboratory Science: A Study of Shop Work and Shop Talk in a Research Laboratory*, Routledge/Kegan Paul, London.

Lynch, M. (1992), «Extending Wittgenstein: The Pivotal Move from Epistemology to the Sociology of Science», en A. Pickering (ed.) (1992), 215-265.

Lynch, M., Livingston, E. y Garfinkel, H. (1983), «Temporal Order in Laboratory Work», en K. Knorr-Cetina y M. Mulkay (eds.), *Science Observed: Perspectives on the Social Studies of Science*, Sage, Beverly Hills, 205-238.

Lynch, M. y Woolgar, S. (eds.) (1990), *Representation in Scientific Practice*, The MIT Press, Cambridge (Mass).

Martin, E. (1998), «Anthropology and the Cultural Study of Science»: *Human, Technology and Human Values*, 23, 24-45.

McKenzie, D. (1981), *Statistics in Britain, 1865-1930, The Social Construction of Scientific Knowledge*, Edinburgh University Press, Edinburgh.

McKenzie, D. y Spinardi, G. (1995), «Tacit Knowledge, Weapons Design, and the Uninvention of Nuclear Weapons»: *American Journal of Sociology*, 1, 44-99.

Pickering, A. (1995), *The Mangle of Practice. Time, Agency and Science*, The Chicago University Press, Chicago/London.

Pickering, A. (ed.) (1992), *Science as practice and culture*, Chicago University Press, Chicago.

Pinch, T. (1986), *Confronting Nature: The Sociology of Solar Neutrino Detection*, Reidel, Dordrecht.

Rorty, R. (1979), *Philosophy and the Mirror of Nature*, Princeton University Press, Princeton.

Rouse, J. (1996), *Engaging Science. How to Understand Its Practices Philosophically*, Cornell University Press, Ithaca/London.

Rouse, J. (1999), «Understanding Scientific Practices. Cultural Studies of Science as a Philosophical Program», en M. Biaggioli (ed.) (1999), 442-456.

Rouse, J. (2002), *How Scientific Practices Matter: Reclaiming Philosophical Naturalism*, The University of Chicago Press, Chicago.

Schatzki, T. R. (1996), *Social Practices. A Wittgensteinian Approach to Human Activity and the Social*, Cambridge University Press, New York.
Shapin, S. y Schaffer, S. (1985), *Leviathan and the air-pump*, Princeton University Press, Princeton.
Sosa, E. (1991), «Nature unmirrored, epistemology naturalized», en Íd., *Knowledge in Perspective. Selected Essays in Epistemology*, Cambridge University Press, Cambridge, 86-107.
Turner, S. (1994), *The Social Theory of Practices. Tradition, Tacit Knowledge, and Presupositions*, The University of Chicago Press, Chicago.
Turner, S. (2002), *Brains/Practices/Relativism. Social Theory after Cognitive Science*, The University of Chicago Press, Chicago.
Vega, J. (2002), «Cultura científica, cultura visual. Prácticas de representación en el oriden de la ciencia moderna»: *Arbor*, CLXXIII, 521-552.
Williams, R. y Edge, D. (1996), «The Social Shaping of Technology»: *Research Policy*, 25, 865-899.
Woolgar, S. (1988), *Science. The very idea*, Tavistock, London.

# DE LA TÉCNICA A LA TECNOLOGÍA

*Marcelo Arancibia Gutiérrez y Carlos Verdugo Serna*

## 1. INTRODUCCIÓN

Distinguir entre los términos *técnica* y *tecnología* supone que al menos en castellano, éstos tienen significados y referencias más o menos precisas. Pero, como sostienen diversos filósofos, existe una ambigüedad sistemática en su empleo (Quintanilla, 1989, 33; 2001, 56). En la bibliografía especializada anglosajona se ha reconocido una situación semejante señalándose que la voz *technology* (que puede traducirse, ya sea como técnica, o bien como tecnología) ha llegado a tener un sinnúmero de significados, incluso incompatibles (Mitcham, 1994, 152-153). Problemas conceptuales fundamentales surgen también debido a las aproximaciones antropológicas, epistemológicas y sociológicas que pueden adoptarse frente a la pregunta sobre la naturaleza de la tecnología (Mitcham, 1983, 6-7). De la falta de consenso acerca del significado primario de los términos algunos concluyen que la filosofía de la tecnología aún no existe como un área coherente de investigación (Kroes, 1998, 284). Otros señalan la urgente necesidad de articular un marco propio de reflexión sobre la filosofía de la tecnología para evitar la ambigüedad conceptual y la metodológica (Rapp, 1981, 26).

Éstas son algunas de las principales dificultades que debe enfrentar un análisis serio de temas tales como el tránsito de la técnica a la tecnología en la historia humana. Existe una diversidad de respuestas igualmente inteligibles, desarrolladas y fundadas a la pregunta respecto de qué son o puedan ser la técnica y la tecnología, reflejándose así su carácter filosófico; esto es, que se trata de la clase de preguntas para las cuales existe un rango abierto pero acotado de respuestas igualmente respetables (cf. Orellana, 1994, 22). A nuestro juicio, y para los propó-

sitos del presente trabajo, un uso adecuado del término *técnica* apunta a: 1) un conjunto de actividades humanas que requieren de alguna forma de conocimiento surgido de la experiencia común y que necesita también de habilidades específicas; 2) una forma de saber hacer las cosas, un grupo de actividades que producen artefactos mediante algún tipo de procedimiento; y, por último, 3) una satisfacción de deseos o supresión de necesidades que supone alcanzar ciertas metas relacionadas con modificar la naturaleza o el entorno. Por su parte, un uso adecuado del término *tecnología* apunta a: 1) un conjunto de actividades humanas o procesos altamente sistematizados, organizados y complejos que requieren de conocimientos teóricos igualmente complejos, constituyendo una técnica teorizada cuyo resultado son entidades materiales e inmateriales de alta sofisticación; 2) procesos y productos que permiten la modificación y transformación radical e igualmente extensa de la naturaleza o entorno; y, por último, 3) una reconceptualización de la naturaleza como una cosa u objeto susceptible de manipulación e intervención por parte de un sujeto independiente de ella.

La transición entre técnica y tecnología puede ser abordada desde distintos niveles. Primero, se puede estudiar el proceso histórico, económico y social que permite la transición en cuestión. Segundo, realizar un análisis filosófico sobre la técnica, la tecnología y el tránsito de la una a la otra. Tercero, estudiar las posiciones filosóficas que se han presentado en el nivel precedente. Es en este tercer nivel en donde se desarrolla el presente artículo. Así pues, teniendo presente que se trata de un problema filosófico y, por lo mismo, reconociendo el carácter tentativo y provisional del presente esfuerzo, en este trabajo se intenta identificar los principales elementos o factores de carácter filosófico e intelectual que hacen posible la transición conceptual de la técnica a la tecnología. Este trabajo se divide en tres secciones: «La técnica en la Antigüedad y el Medioevo», «La nueva técnica en la Época Moderna» y «De la técnica a la tecnología». El primero mostrará a grandes trazos cómo pensaron aquel ámbito del saber hacer, que caracteriza la técnica, Platón, Aristóteles, Agustín de Hipona y Tomás de Aquino, y el impacto que tuvo la cambiante valoración de ciertas actividades productivas en la evolución de la técnica. El segundo apartado destaca el papel de Bacon en el desarrollo e impulso de una nueva concepción del conocimiento que une de manera íntima la verdad y la utilidad. En su visión, compartida por Descartes y Galileo, conocer es intervenir y experimentar en la naturaleza con la finalidad de dominarla. Aquí comienza la transición de la técnica a la tecnología. En el tercer apartado, se identifican los elementos filosóficos e intelectuales que posibilitan la transición de la técnica a

la tecnología, a partir de la historia presentada en las dos secciones precedentes. La conclusión encara el problema de cómo denominar la disciplina que reflexiona respecto del fenómeno técnico o tecnológico.[1]

## 2. LA TÉCNICA EN LA ANTIGÜEDAD Y EN EL MEDIOEVO

El ámbito de significación de *téchne* en la Antigüedad, es más amplio que el de nuestra expresión *técnica* si este término se entiende como nombrando un quehacer relativo a la producción de artefactos, aun cuando en su evolución como término filosófico parece haber avanzado en esa dirección (cf. Aristóteles, *Ética nicomáquea*, 1140a ss.). Los griegos incluían en el ámbito de lo que denominaban *téchne* la actividad de los médicos o de los agrimensores, que nada tiene que ver con la producción de artefactos (cf. Platón, *Carmides*, 165c y *Protágoras*, 356e). La valoración de la *téchne* no fue uniforme en aquel período. Los relatos míticos de Ícaro, Dédalo y Prometeo ilustran una concepción ambigua respecto de la valoración de la técnica en la Antigüedad. La *téchne* resulta ser necesaria y a su vez peligrosa para los seres humanos. En Platón y Aristóteles este contraste se encarna en la Grecia clásica, culminando en este último la concepción antigua de la *téchne*. Pero estos filósofos resultan inteligibles sólo si atendemos a un conjunto de consideraciones políticas, éticas, ontológicas y epistemológicas. Atender a ellas permite ir más allá del lugar común que hace de la preeminencia de la «teoría» la causa fundamental de la desvaloración de la *téchne* en el mundo antiguo.

La cultura griega menospreciaba el trabajo físico. De ahí que el artesano, el encargado de producir artefactos necesarios para la vida, ocupe el séptimo lugar dentro del orden descendente de nueve géneros de vida propuestos por Platón, quedando sólo por encima del sofista y del tirano (cf. Platón, *Fedro*, 248d-e). El menosprecio de las labores manuales se basa en dos tipos de razones: la primera surge de la condición natural de este tipo de ciudadanos, respecto de los cuales este autor señala que: «congénitamente, lo mejor de su naturaleza carece de fuerza en ciertos individuos hasta el punto de que no serán capaces de gobernar las bestias que hay dentro de ellos» (Platón, *La Repúbli-*

1. Para una excelente exposición de algunas interrogantes filosóficas sobre la *téchne*, así como su relación con el concepto de tecnología, véase el capítulo quinto de Mitcham, 1994. Sin duda que este libro es una de las contribuciones más importantes para entender la naturaleza y relevancia de la filosofía de la tecnología.

*ca*, 590e). La segunda razón es más general y se relaciona con su tesis epistemológica básica: el conocimiento verdadero de las cosas es aquel de sus esencias, el cual se alcanza mediante la razón, dado que mediante los sentidos sólo adquirimos opiniones (cf. *La República*, 506e ss. y 509d ss.) El verdadero saber sólo puede provenir de la contemplación racional de lo que es eterno, increado e inmutable; es decir, de las Ideas. Éstas ya han sido contempladas por nuestra alma, de tal forma que todo conocimiento es reminiscencia (cf. Platón, *Menón*, 81c ss.). La ciencia o *episteme* nos pone en contacto con estas Ideas, mientras que la *téchne* sólo las imita. Así, las Ideas son el modelo que imitar y el artesano no inventa los objetos. Es más, ni siquiera posee el mejor conocimiento acerca de ellos. Cada objeto tiene tres clases de *téchne*, a saber, la de su utilización, la de su fabricación y la de su imitación. Frente a poetas y pintores, que son meros imitadores, Platón considera más meritoria la actividad de los artesanos (flautista, zapatero), a quienes atribuye una recta opinión acerca de la bondad y la maldad del artefacto que fabrican. Sin embargo, «el más experimentado» en el artefacto es aquel que lo usa y no quien lo fabrica (*La República*, 601c ss.).

Toda *téchne* o producción humana es artificial y todo objeto diseñado de manera artificial es una entidad ontológicamente inferior a los que forman parte de la verdadera realidad. Los artesanos son el instrumento mediante el cual se crean estos artefactos, su tarea siempre está sumida en un orden diferente al de la naturaleza. En algunas obras, sin embargo, se valora positivamente el conocimiento del arquitecto, que de todas formas contrasta con aquel del artesano encargado de fabricar sus obras (cf. Platón, *El Político*, 259e). El arquitecto posee conocimiento teórico y racional, principalmente matemático, que ha adquirido mediante un aprendizaje especial y que puede transmitir de la misma manera (cf. Platón, *Filebo*, 55d ss.). La *téchne* es uno de varios factores que determinan la vida humana, aunque Dios, la fortuna (*tyché*) y la ocasión (*kairos*), se encuentren sobre ella (cf. Platón, *Leyes*, 709b-c). La desvalorización de la *téchne*, como poco digna de atención filosófica, influyó de manera decisiva sobre los filósofos posteriores.

Ahora bien, la concepción de la *téchne* en Aristóteles contrasta con la de Platón respecto del componente epistemológico. Según lo que podríamos llamar, siguiendo nuestra interpretación de Aristóteles, el «pluralismo operativo de la razón», ella tiene cinco vías para llegar a la verdad. La *téchne* y la *phronesis* tratan «sobre aquellas realidades que pueden ser de distinta manera», mientras que *episteme*, *sophia* y *nous* lo hacen «sobre aquellos entes cuyos principios no pueden ser de otra manera» (*Ética nicomáquea*, 1139a 5-9). Sólo en este último caso hay conocimiento necesario. Tales vías cognoscitivas se identifican con

tres actividades propias de éstas: La *theoría* es la actividad propia de la *episteme,* la *sophia* y el *nous*; la *praxis* es la actividad propia del hábito prudencial; finalmente, la *póiesis* es la actividad propia de la *téchne*. Así, la actividad racional humana no puede ser entendida de manera unívoca. Hay en ella una pluralidad operativa fundada en la propia actividad cognoscitiva; es decir, la razón procede de acuerdo al aspecto de la realidad que se examina.

Aristóteles reconoce que la *téchne* es superior a la mera experiencia, llegando a ser semejante a la *episteme*, ya que implica un conocimiento de los principios de las cosas. Pero la *téchne* no consiste, como la *episteme*, en la contemplación desinteresada (cf. Aristóteles, *Metafísica*, 981b 13). Atribuir al Estagirita una separación radical entre la actividad manual y la intelectual es un error. Él considera la *téchne* como una forma de saber y no sólo como un mero hacer. Somos capaces de «hacer» cosas, lo que los griegos denominan *póiesis*. Este saber hacer no se encuentra en las cosas mismas, sino en la mente del que las hace, a diferencia de lo que sucede con la naturaleza, que lleva en sí misma el principio generador de las cosas. Así, todas las cosas *que son por naturaleza* concentran en sí mismas un principio de movimiento y reposo, lo que no ocurre con los artefactos, los cuales carecen de una tendencia congénita al cambio. Por esto, la *téchne* no es naturaleza, sino que se limita a completar lo que ésta no puede realizar o a imitarla en sus producciones (cf. Aristóteles, *Física*, II, 1, 192b y 8, 199a). Pero la *téchne* tampoco es la producción misma. La *téchne* no consistía en «hacer» las cosas, sino en «saber hacerlas». Por ejemplo, saber que un fármaco ha curado a alguien, es un saber por experiencia. Sin embargo, saber que este fármaco cura a los biliosos ya no es experiencia sino *téchne* (cf. *Metafísica*, 981a 10). Esta última es una forma de saber, que se distingue de la experiencia, en que *empeiria* es conocimiento de cosas particulares, mientras la *téchne* es conocimiento de lo general y de la causa. Por ello, quien tiene experiencia muchas veces cura con más éxito que el médico (cf. *Metafísica*, 980b 16 y 981a 15). Gracias a la experiencia podemos saber cómo es algo, sin que sepamos por qué es como es, pero con la *téchne* conocemos el porqué y la causa (cf. *Metafísica*, 981a 27-29). La *téchne* no sólo conoce mejor que la experiencia, sino que conoce más que ella: sabe más cosas. Es decir, difieren en cantidad, ya que el saber de la *empeiria* es particular y el de la *téchne* es universal (cf. *Metafísica*, 981a 15). Además, quien posee este saber puede comunicarlo y enseñarlo (cf. *Metafísica*, 981a 5 y 982a 29). La *téchne* es, por estas razones, superior a la experiencia. Quien posee este saber es llamado *technites* (el técnico o artesano), el poseedor de una *téchne*, y es una especie de *sophós*.

Este *sophós* es el que tiene «un hábito de hacer las cosas con razón verdadera» (*Ética nicomáquea*, 1140a 21). El fin de este saber es una *póiesis*, el hacer una obra.  Cuando la obra, el *érgon*, está completa y terminada, finaliza también la operación que la produce. El conocimiento del artesano o del técnico está dirigido a la realización de una acción, que posibilita la *póiesis* creadora del objeto.

El conocimiento más elevado es la *episteme*, que permite el conocimiento de la forma (cf. *Metafísica*, 981b 5, 983a 25 y 1013a 23). Por ello, la vida contemplativa, es decir, aquella que permite el desarrollo de este conocimiento, es la culminación de lo humano, aunque ella sólo sea posible para la minoría aristocrática (cf. *Ética nicomáquea*, 1139b 13 ss., 1177a 12 ss. y 1178a 10 ss.). La mayor parte de la sociedad pertenece a la tercera clase que identifica Platón; esto es, la que integran artesanos, comerciantes y navegantes (cf. *La República*, 414a y 427 ss.).

La valoración ambigua de la *téchne* en la Antigüedad se vuelve inteligible gracias a las siguientes consideraciones. Primero, la masiva esclavitud en la Grecia clásica asocia íntimamente las labores manuales y lo útil con lo servil. De ahí, la equiparación de la actividad servil de los artesanos con la de los esclavos. Según Aristóteles, quienes por naturaleza son libres, cuando realizan un oficio mecánico, como el obrero o el artesano, sufren una esclavitud parcial, dado que no acceden al ocio contemplativo (cf. Aristóteles, *Política*, 1260b y 1337b). Una gran cantidad de máquinas vivientes o esclavos soportan la estructura económica, tornando superfluas la innovación y la construcción de máquinas capaces de desplazar el trabajo físico humano. Segundo, el contraste entre el estatus ontológico de los objetos naturales con los artificiales. Esto es, formas primarias (árbol) y secundarias (casa), generan una caracterización de la *téchne* como un apoyo para concluir lo que la naturaleza inició, resguardando así la concepción teleológica, orgánica, espontánea e inviolable de la naturaleza como realidad a la que hay que adecuarse (cf. *Física*, 193a). Tercero, debido al desconocimiento de la historia anterior a la suya, los griegos carecen de la idea de progreso, lo cual explica el limitado ámbito que en la Antigüedad tuvo la innovación técnica (cf. Bury, 1971, 19-29). Cuarto, la epistemología de la Antigüedad resalta las propias limitaciones de la técnica como una forma de conocimiento; esto es, su carácter contingente (cf. *Ética nicomáquea*, 1139a 5-9 y 1140a). Sin embargo, pudiera ser que la valoración filosófica de la *téchne* no refleje su valoración social y que, como ocurre con el Estado ideal platónico, estemos frente a una actitud ideal o deseada y no una actitud real o efectiva (cf. García de la Huerta, 1990, 217).

La concepción de la *téchne* de la filosofía antigua se proyecta hasta el Medioevo, período en el cual se debilita de forma paulatina. La discusión filosófica de la *téchne*, *ars* en latín, se centra ahora en el lugar de las artes mecánicas en la jerarquía de los conocimientos[2]. A pesar de que en esta época se considera la actividad técnica como una ocupación profana, en el Medioevo se articula una «alabanza de lo creado» que reconoce las artes o técnicas como lo mejor del alma humana (Agustín de Hipona, *La Ciudad de Dios*, XXII, 24). Con la reforma de Cluny del siglo X comienza la valoración positiva del trabajo manual (cf. Fehér, 1998, 162). Este cambio se torna inteligible en el contexto de las diversas creencias cristianas, tales como la doctrina de la providencia, el creacionismo y la concepción milenarista de la historia que influyen cada vez más en la estructura de pensamiento desde el siglo XI en adelante.

Ya en el siglo XIII el trabajo manual deja de ser considerado privativo de esclavos o siervos, pasando a ser una actividad humana, un oficio; esto es, una «ocupación que proporciona la posibilidad de vivir lícitamente» (Tomás de Aquino, *Suma de Teología*, IV, q. 187, a. 3, *respondeo)*. Según Tomás de Aquino, «el hombre posee de modo natural la razón y las manos que son *el órgano de los órganos*, ya que por ellas puede preparar variedad infinita de instrumentos en orden a infinitos efectos» (*Suma de Teología*, I, q. 76, a. 5, ad 4.). Estos dos elementos estrechamente relacionados y potencialmente ilimitados distinguen a los seres humanos de los animales. Los instrumentos son considerados como un segundo organismo, que ayuda a la mano y a los demás sentidos a vivir en el cosmos, a usar lo existente y a fabricar objetos nuevos. Tomás de Aquino y Aristóteles ubican la técnica entre las virtudes intelectuales, compartiendo la tesis según la cual: «… todos los oficios humanos parecen ordenarse a favor de quienes contemplan la verdad» (Tomás de Aquino, *Suma contra los Gentiles*, III, 37). Por esta razón, actividades tales como la medicina o la agricultura siguen siendo consideradas indignas de ser enseñadas y permanecen en la categoría de artes mecánicas. Estas últimas contrastan con las artes liberales porque en ellas los hábitos operativos que gobiernan se refieren al uso de la razón, mientras que las serviles o mecánicas se dirigen al empleo del cuerpo (*Suma de Teología*, I-II, q. 57, a. 3, ad. 3). La

2. De acuerdo con la división de las artes en serviles o mecánicas y liberales, las primeras son las técnicas manuales: agricultura, caza, pesca, pintura, arquitectura, medicina, teatro. Son liberales las que se refieren al saber literario y científico. Dentro de ellas encontramos la gramática, la retórica, dialéctica (*trivium*) y la aritmética, geometría, música y astronomía (*quadrivium*).

clasificación precedente es un elemento que considerar al momento de evaluar la actitud de estos dos filósofos respecto de la técnica. Sobre todo, en el caso de Tomás de Aquino, pues mucho antes del siglo XIII ya se han propuesto clasificaciones de las artes liberales que incluyen las artes mecánicas o serviles. Ejemplo señero de esto son la propuesta en el siglo VII por Isidro de Hispalis y las del siglo XII presentadas por Domingo de Gundisalvo y Hugo de San Víctor (cf. Klemm, 1962, 67-72).

Podemos interpretar de la siguiente manera la inclusión y la exclusión de los saberes técnicos del ámbito de lo que es digno de ser aprendido y enseñado: A pesar de que Agustín de Hipona y Tomás de Aquino se alejan del menosprecio del trabajo manual, continúan aceptando la tradicional división entre artes liberales y serviles recibida de la filosofía de Platón y Aristóteles. Las artes mecánicas siguen siendo consideradas de insuficiente dignidad para merecer la inclusión en los conocimientos que deben ser aprendidos. Incluir los saberes técnicos en las artes liberales haría posible una apertura de estos conocimientos que permitiría indagar de mejor forma en las actividades desarrolladas por los artesanos. Al estar incluidas en el «paraíso del saber», no sólo se alteraría la tradicional red de formación del artesano que va del padre al hijo, sino que, además, permitiría articular trabajos elaborados sistemáticamente y con un lenguaje común, tal como ocurre mucho tiempo después con la institucionalización de las artes mecánicas. Los tratados medievales sobre cuestiones técnicas tienen múltiples deficiencias, tales como su lenguaje coloquial, oscuro, su falta de sistematicidad y rigurosidad, además de las precarias o inexistentes explicaciones que fundamenten los procedimientos por realizar.

## 3. LA NUEVA TÉCNICA EN LA ÉPOCA MODERNA

La situación respecto de la forma de concebir y valorar el tipo de saber, las actividades y procedimientos técnicos comienza a cambiar paulatinamente a finales del Medioevo. Con todo, es en el Renacimiento donde se articula una valoración optimista de la técnica fundamentada en una diversidad de innovaciones, descubrimientos y, principalmente, por su utilidad para el progreso del saber. Las figuras, generalmente olvidadas, de Filippo Brunelleschi, Lorenzo Ghiberti, Leon Battista Alberti, Vannoccio Biringuccio, Georg Bauer o «Agrícola», Bernard Palissy, Francois Rabelais y Luis Vives, proyectaron el sendero de la nueva técnica y contribuyeron a su reconocimiento social (cf. Klemm, 1962, 117-187; Rossi, 1970, 15-66, y 1990, 41-97). El denominador común de sus trabajos es su preocupación por relacionar las artes mecánicas y

liberales, reconociendo así la importancia de las ciencias para las artes y el rol fundamental de la técnica para el conocimiento directo de la naturaleza. Son conscientes de que la claridad expositiva, alejada de cualquier tipo de hermetismo, es fundamental para la difusión y progreso de la técnica. Las cosas deben ser descritas tal como se muestran, evitando la imprecisión. Discrepan con aquellos que menosprecian el trabajo manual, insistiendo en que la actividad del técnico se relaciona con las distintas ciencias y que la distinción entre libres y siervos nos permite identificar actividades que en el pasado fueron practicadas por esclavos y a pesar de ello no eran despreciadas en aquel momento (cf. Rossi, 1990, 48-49; Klemm, 1962, 180-187). De sus obras emerge una concepción que paulatinamente va concediendo una valoración positiva de las actividades técnicas durante el siglo XVI, alcanzado incluso una dignidad similar a la de las ciencias. De acuerdo con Rossi:

> Algunos de los procedimientos de que se sirven los hombres para producir objetos de uso corriente o para construir máquinas, para modificar y alterar la naturaleza mediante la labor de las manos, ayudaban a lograr un conocimiento efectivo de la naturaleza bastante más que aquellas construcciones intelectuales o aquellos sistemas filosóficos que acaban por impedir o limitar la exploración activa, por el hombre, de las cosas naturales (Rossi, 1970, 24).

Ésta es una de las razones por las que era necesario cambiar la estructura educacional, basada en la antigua distinción conceptual entre lo servil y lo liberal e institucionalizada en el Medioevo en el contraste desvalorizado entre artes liberales y mecánicas. Sin embargo, donde esta necesidad surge con más fuerza es en la obra de Francis Bacon, quien, junto con Harvey y Galileo, reconoció y valoró positivamente la relevancia de los procedimientos de los artesanos para la actividad científica. Bacon interpreta su época. Valora y reconoce los importantes logros y progresos de las artes mecánicas, ejemplificados con la brújula, la pólvora y la imprenta. Desprecia el «enfermizo sistema educativo» basado en la «estéril filosofía tradicional», responsable de la elaboración de ciencias racionales y dogmáticas que estancaron la producción de obras útiles (cf. Bacon, 1985, 45-61; 1947, 101-172; *Novum Organon* I, LXXXV y CXXIX). Superar esta situación requería una «gran restauración», alcanzar en todos los ámbitos del señorío humano de la naturaleza la maestría lograda en las artes mecánicas. Bacon propone una historia natural que incluya las artes mecánicas. Rompe así con una tradición que las clasifica en categorías disjuntas. Su propuesta de restauración del saber busca el restablecimiento del poder sobre la naturaleza que tuvo Adán en el paraíso antes del pecado original,

aquel que, junto con la pérdida de la inocencia, causó su caída. Pero, ambas cosas perdidas (la del saber y la del poder) pueden repararse en esta vida, hasta cierto punto, según Bacon. La inocencia «mediante la religión y la fe», el saber y el poder, «mediante las artes y las ciencias» (Bacon, *Novum Organon* II, LII). Así, la reforma del saber humano se inserta en el marco de las ideas cristianas de la época, favoreciendo y posibilitando la relación entre ciencia y religión. La fundamentación del saber comienza por eliminar todas aquellas fuentes, prejuicios o falsos ídolos que impiden un auténtico conocimiento de la naturaleza (cf. *Novum Organon* I, XXXVIII-LXXI). Surge así una concepción que mira con sospecha los grandes guiones filosóficos, cuyos protagonistas menosprecian los procedimientos técnicos, limitando de forma maliciosa el poder humano, a pesar de la maestría alcanzada por las artes mecánicas (cf. *Novum Organon* I, LXXXVIII). La base de esta maestría era el carácter comunitario de la actividad de los artesanos, orientada a la obtención de un único fin. En palabras de Bacon:

> … en las artes mecánicas el primer inventor produjo lo menos, y el tiempo agregó y perfeccionó el invento, en las ciencias liberales, el primer autor es el que va más lejos y el tiempo pierde y corrompe su obra. De este modo vemos que la artillería, navegación, impresión y cosas semejantes, fueron muy groseramente manejadas al principio y, con el tiempo, se acomodaron a las necesidades y se perfeccionaron; mas, por el contrario, la filosofía y la ciencia de Aristóteles, Platón, Demócrito, Hipócrates, Euclides, Arquímedes, de mayor vigor al comienzo, con el tiempo degeneraron y rebajaron; la razón no es otra que, en el primer caso, muchas inteligencias e industrias han contribuido para un solo fin; y en el último, muchas inteligencias e industrias se han consumido alrededor de una inteligencia, y aun estas inteligencias e industrias, muchas veces, han depravado sus producciones más bien que ilustrarlas (Bacon, 1947, 136).

Si bien encontramos un factor que contribuyó a la superación de la actitud medieval, se trata también del rechazo del saber mágico y hermético todavía ampliamente vigente en la época (cf. Bacon, 1947, 223-225). Bacon rechaza con energía la idolatría del investigador solitario, que alcanza sus resultados por su excepcional capacidad de comunicación especial y secreta, la imagen propuesta por Agrippa, Della Porta, Cardano y Paracelso (cf. Rossi, 1990, 87-90). Pero Bacon, por otro lado, también hereda elementos de la tradición mágica y alquimista, como por ejemplo la diversidad de términos a los que se recurre para explicar la transmutación de los cuerpos (asimilación, impurezas, espíritu, disolución, corrupción, generación, simpatía, fijación). Además, cuando señala que la «tarea y el propósito del poder huma-

no consiste en generar e introducir en un cuerpo dado una naturaleza nueva o varias naturalezas nuevas», también reconoce cuán difícil es esta empresa, análoga a la del alquimista en este punto (*Novum Organon* II, I y IV). Con el fuego surgen naturalezas nuevas en un cuerpo, pero los alquimistas hacen mal uso, aunque en sus investigaciones buscan el mismo fin que Bacon. De ahí que Bacon señale la necesidad de un método o vía que permita conocer rigurosa y respetuosamente la naturaleza. Por último, la nueva relación, que él establece entre el hombre y la naturaleza, basada en la idea de dominio o poder y la identificación del primero como el «ministro e intérprete» de la segunda, cuyas raíces se encuentra en la tradición mágico-alquimista (cf. *Novum Organon* I, I-III)[3].

La técnica tiene que estar al servicio de todo el género humano (*Novum Organon* I, CXXIX). De ahí su propuesta de «renovación de la magia», esto es, continuar con los fines de la magia y la alquimia, pero purificar los medios empleados por éstas, es decir, sacar de ella los errores, la vanidad y la ostentación (cf. Bacon, 1947, 210-211 y 225). Más allá de sus errores metodológicos, en ella se ha articulado un saber que es capaz de operar. En la medida en que se perfeccione el medio utilizado, se alcanzarán mayores obras y se volverá la sociedad más poderosa. Para ello «se ha de cambiar, pues, a Vulcano por Minerva si se pretende traer a la luz las verdaderas conexiones y esquematismos de los cuerpos…» (*Novum Organon* II, VII). Es precisamente el conocimiento operativo, representado por Vulcano, el que puede asistir al conocimiento especulativo, representado por Minerva (cf. Bacon, 1947, 211). A la preocupación última por este fin y a su relativa ignorancia respecto del estado del conocimiento empírico de su época aludía Harvey, el médico de la corte que descubrió la circulación de la sangre, cuando se mofaba de Bacon diciendo que escribía filosofía como un canciller del reino.

Por otra parte, también hay un rechazo de los experimentos realizados en las artes mecánicas que buscan sólo lo que es útil al mecánico, despreocupado de la investigación de la verdad, debido a su carácter mezquino, parcial y poco sistemático (cf. *Novum Organon* I, XCIX). Pese a esta deficiencia metodológica, Bacon reconoce la importancia de la técnica para la humanidad (cf. *Novum Organon* I, CXXIX). Las artes

3. Las consideraciones de este punto corresponden a la tesis sostenida por Rossi, según la cual la definición del hombre, como ministro e intérprete de la naturaleza, se encuentra presente en la concepción mágico-alquimista del Renacimiento. Para una completa exposición de esta tesis que se desarrolla a partir de las obras de Paracelso, Roger Bacon, Agrippa, Della Porta, Campanella, Cardano, Pico y Varchi, cf. Rossi (1990, 57-76).

mecánicas, caracterizadas por un trabajo comunitario e intersubjetivo, han permitido un progreso superior al de las ciencias de la época. Por ello sirven de modelo para la elaboración de la nueva ciencia, a juicio de Bacon. Si la ciencia desea alcanzar sólidos y positivos resultados, debe alejarse del terreno de la incontrolada genialidad individual, del azar, lo arbitrario y las síntesis precipitadas, para trabajar experimentando. Se trata de unir la mente del hombre con las cosas mismas, a fin de lograr conclusiones fundadas e invenciones y descubrimientos útiles para la humanidad. Surge así la idea de una ciencia comunitaria, sistemática, metódica, precisa en su lenguaje, que busca comunicar y difundir o publicar sus resultados[4].

La valoración del carácter operativo de la actividad técnica sentó las bases del nuevo órgano operativo del conocimiento, el cual no sólo debe ser verdadero, sino que, además, tiene que ser útil. La verdad se alcanza al tratar con las cosas mismas, esto es, al experimentar sistemáticamente en la naturaleza. La utilidad se expresa en los frutos u obras surgidas del contacto con la realidad tangible y la ordenación de las experiencias. El ideal de ciencia como contemplación de las esencias fue sustituido por otro en el que se unen la verdad y la utilidad, de manera tal que no existe subordinación entre estos elementos, sino una relación de complemento (cf. Bacon, 1947, 210-211 y *Novum Organon* I, CXXIV). La unión de la verdad y la utilidad permite en el dominio técnico, no sólo saber operar eficazmente, sino también determinar las razones o saber por qué tales procedimientos son eficaces. Sin

4. Este ideal de investigación entendida como una colectividad organizada de científicos debía, según Bacon, ser financiada por la Corona cuyo sucesor moderno es el Estado. Sin embargo, a pesar de que durante toda su vida intenta llevar a cabo tal proyecto, éste no fue escuchado por las autoridades pertinentes, tanto gubernamentales como educacionales. De acuerdo con el proyecto baconiano, era necesario crear instituciones culturales (bibliotecas, jardines botánicos, zoológicos y laboratorios), reformar el sistema educacional de las instituciones ya existentes, como es el caso de las universidades, publicar los resultados de las investigaciones, establecer relaciones con las organizaciones científicas de todo el continente para lograr un intercambio permanente de resultados e información. La nula acogida de este proyecto conduce a Bacon a trasladarlo al plano de la utopía en *La Nueva Atlántida*, donde su ideal de investigación científica organizada se presenta como algo realizado en la «Casa de Salomón» (cf. Bacon, 1996, 233-273). Sin embargo, la gran idea de Bacon inspira la fundación en 1662 de la Royal Society of London for the Improvement of Natural Knowledge y la elaboración entre 1751 y 1772 por parte de Diderot, D'Alembert y su grupo de la *Enciclopedia o Diccionario de las Ciencias, Artes y Oficios*. Para una exposición de los diferentes intentos y fracasos de Bacon por realizar su proyecto, cf. Rossi (1990, 77-82). Para una exposición del proyecto baconiano y sus repercusiones, cf. Orellana (1992, 25-33), Arancibia (2004, 41-80; 2007).

embargo, la noción de técnica como un saber hacer eficaz que conoce las razones de su eficacia ya está en Aristóteles. La diferencia radica en que para el Estagirita y para la cultura griega clásica en general, es inconcebible la idea de un saber puesto al servicio de la práctica, ya que conocer la *physis* no supone intervenir en ella, es más, ésta es una realidad a la que hay que adecuarse. Esta relación de los seres humanos con la naturaleza es modificada desde finales del Medioevo y, posteriormente, en Bacon encontramos la mejor expresión de esta nueva relación. Desde entonces, conocer ha sido cada vez más entendido como intervenir, manipular y experimentar en la naturaleza para dominarla. Ha cambiado la manera de observar la naturaleza, de una observación como contemplación a una observación instrumental. Si se añade la recomendación insistente de sistematizar, organizar, justificar o dar razón de los azarosos procedimientos empleados en las artes mecánicas, para intervenir con éxito y de manera sistemática en la naturaleza, resulta fácil comprender que se considere a Bacon como el profeta de la tecnología.

La ruptura con la filosofía tradicional es fundamental también en Descartes, quien va más lejos postulando la urgente necesidad de desechar todo el saber anterior para comenzar de nuevo, sobre la base de la razón soberana. Aunque su metodología matemática deductiva, que va de principios universalmente válidos a nuevas verdades deducidas de éstos, prescinde de la colaboración intelectual reclamada por Bacon en la investigación científica. Un célebre pasaje del *Discurso del Método* comparte la concepción baconiana de un saber como dominio o poder sobre la naturaleza, esto es, llegar a ser amos y señores de la naturaleza. En palabras de Descartes:

> Pues esas nociones [de la física] me han enseñado que es posible llegar a conocimientos muy útiles para la vida y que, en lugar de la filosofía especulativa enseñada, es posible encontrar una práctica por medio de la cual, conociendo la fuerza y las acciones del fuego, del agua, del aire, de los astros, de los cielos y de todos los demás cuerpos que nos rodean tan distintamente como conocemos los oficios varios de nuestros artesanos, podríamos aprovecharlos del mismo modo en todos los usos apropiados, y de esa suerte convertirnos en dueños y poseedores de la naturaleza (Descartes, 1954, 61-62).

La concepción cartesiana de la naturaleza es mecánica y permite considerar los cuerpos naturales en analogía con los artificiales, distinguiéndose sólo cuantitativamente. El modelo para explicar los procesos naturales está dado por los mecanismos artificiales, lo cual facilitaba su observación y explicación. Por ejemplo, comparó el movimiento de

brazos y piernas con aquel de palancas accionadas por poleas, y también el sistema vascular con un conjunto de cañerías, válvulas y vasos comunicantes (cf. Descartes, 1990). La antigua dicotomía entre lo natural y lo artificial con su concepción teleológica, orgánica, espontánea e inviolable de la naturaleza, va siendo remplazada por otra que la caracteriza en términos mecánicos, como un gran reloj. El modelo de orientación fundamental está compuesto por procesos mecánicos producidos artificialmente a través del trabajo manual. Así, la naturaleza es concebida como una «cosa» u «objeto» susceptible de manipulación e intervención por parte de un sujeto independiente de ella.

En la figura de Galileo, quien integra el empirismo de Bacon y el racionalismo de Descartes, puede apreciarse claramente la nueva alianza entre técnica y ciencia. Las primeras líneas de su *Discurso y demostraciones matemáticas en torno a dos nuevas ciencias* reconocen cuán valiosas son las obras realizadas por los artesanos, en las cuales se acumula la experiencia de generaciones que han colaborado en la investigación:

> Extenso campo de investigación ofrece a los entendimientos estudiosos la constante actividad de vuestro famoso arsenal, venecianos, y muy particularmente en lo que a la mecánica se refiere; puesto que aquí se halla, entregado constantemente a la construcción de toda clase de artefactos y de máquinas, un gran número de artesanos, entre los cuales forzosamente ha de haber algunos muy peritos y con gran habilidad en la exposición no sólo a causa de las observaciones realizadas por sus antecesores, sino también en virtud de las que ellos mismos van continuamente haciendo (Galileo, 2003, 27).

La valoración del trabajo realizado en los arsenales y la necesidad de instrumentos para intervenir en la materia reivindicó la importancia cognoscitiva de la técnica instrumental. Así, para estudiar los problemas del movimiento y del peso era necesario considerar de manera directa y atenta «los procedimientos empleados por los mecánicos de los arsenales, por los artilleros, por los ingenieros para levantar pesos, lanzar proyectiles o drenar terrenos» (Rossi, 1970, 112). Su confianza en la técnica le permite a Galileo aceptar las imágenes que le proporciona un instrumento como el telescopio, producto del medio artesanal holandés y que se fue perfeccionando gracias a su utilidad práctica, aunque hasta entonces pasara inadvertido entre los científicos. Cuando Galileo acepta los datos empíricos que le proporciona el telescopio, reemplaza la contemplación por la observación instrumental, y con ello, se transforma para siempre la investigación científica y su metodología experimental, integrando la mecánica especulativa con la empírica.

## 4. DE LA TÉCNICA A LA TECNOLOGÍA

A la luz del boceto histórico precedente, podemos reconocer los elementos, factores o presupuestos filosófico-intelectuales que posibilitan la transición de la técnica a la tecnología, en un conjunto de novedosas concepciones respecto de la naturaleza, el trabajo, la religión, el conocimiento y la relación entre técnica y ciencia, producidos por un proceso histórico complejo en el que una elite es consciente del enorme potencial de la técnica y busca promoverlo fundando diversas sociedades científicas de inspiración baconiana. Ellas contribuyen al desarrollo de la ciencia y la tecnología, creando las condiciones para lo que Toynbee llamó «Revolución Industrial», el gran fenómeno económico y social de entre mediados del siglo XVIII y mediados del siglo XIX.

Los presupuestos filosófico-intelectuales y la contribución de las sociedades científicas son algunos de los factores detrás de la transición de la técnica a la tecnología. Habría que considerar también, entre otros, el marco social y económico que permite las distintas acciones técnicas, el actuar técnico en una época, junto con la estructura de pensamiento de las distintas épocas, con sus respectivas formas de actividad técnica. Otro elemento importante es la manera como los seres humanos se han relacionado con este fenómeno. Uno de los filósofos que más ha contribuido a pensar dicha relación es Ortega y Gasset. De acuerdo con éste, si atendemos a la relación consciente de los seres humanos con su técnica, es decir, con la «función técnica general», se pueden articular tres estadios del desarrollo de la técnica: 1) la técnica del azar, propia de los primitivos, pre- y protohistórico y del actual salvaje, 2) la técnica del artesano, desarrollada en la Grecia antigua, la Roma preimperial y la Edad Media y 3) la técnica del técnico o ingeniero, que va desde el Renacimiento hasta nuestros días (Ortega y Gasset, 1968, 82-83)[5]. Cada época se relaciona de distinta manera

5. Las razones que tiene Ortega para excluir de este segundo estadio de la técnica a la Roma imperial se encuentran en el criterio general que le permite articular tales períodos. Según este criterio, la clasificación tiene que dar cuenta de la relación que el propio hombre ha ido teniendo de su técnica, esto es, tiene que atender a la conciencia de la función técnica. De ahí que no tome en consideración la relevancia de inventos concretos (cf. Ortega y Gasset, 1968, 82-83). Además, hay que considerar que la Roma imperial es una civilización que trae como consecuencia la aparición de lo que Ortega reconoce como el *hombre-masa*, quien se convierte en una especie de hombre primitivo al no poder distinguir la civilización donde se desenvuelve de la naturaleza y, por lo mismo, «la civilización se le antoja selva». Sin embargo, la gran diferencia entre la naturaleza y la civilización es que la primera se encuentra siempre ahí, «se sostiene a sí misma», lo que contrasta con la civilización, que es un artificio y necesita de un artista o artesano Así, el *hombre-masa* no es consciente de la facultad

con la técnica. Precisamente, en el estadio de la técnica del técnico se desarrolla la nueva técnica o tecnología. Por ello, interesa identificar qué elementos posibilitaron esta nueva relación.

De acuerdo con el análisis de la sección anterior, los elementos o presupuestos filosóficos intelectuales novedosos fueron: 1) la valoración del trabajo manual y su sistematización, 2) la concepción mecánica de la naturaleza, 3) la interpretación de la caída de Adán, 4) la concepción empirista o clásica inductivista del conocimiento, 5) la concepción colaborativa en la metodología de la ciencia y 6) la transvalorización de la relación entre técnica y ciencia.

Este último vínculo es considerado por muchos como la característica fundamental o determinante de la tecnología, negándose que pueda haber tecnología sin ciencia, sin el conocimiento científico, sin teorías científicas o sin un método científico. Unos sostienen que «la tecnología es siempre una técnica guiada por la ciencia hacia el control de una entidad o proceso», de donde deducen que «si no hubo ciencia antes de la Edad Moderna, tampoco pudo haber tecnología» (Sanmartín, 2001, 84). Otros ofrecen una concepción equivalente. La tecnología sería ahora «un conjunto de conocimientos de base científica que permiten describir, explicar, diseñar y aplicar soluciones técnicas a problemas prácticos de forma sistemática y racional» (Quintanilla, 1998, 56). Lo que no está lejos de la posición según la cual «la tecnología no puede venir sin ciencia, pues no es sino *ciencia aplicada* a finalidades prácticas» (Bunge, 1963, 69). Aun otros sostienen que la tecnología «constituye aquella forma (y desarrollo histórico) de la técnica que se basa estructuralmente en la existencia de la ciencia» (Agazzi, 1996, 95). Sin embargo, todas estas variantes de la concepción de la tecnología como ciencia aplicada destacan sólo la dimensión conceptual, epistemológica y metodológica de la tecnología, quedando ausentes, entre otras, las dimensiones antropológica y sociológica, que proporcionan novedosos e importantes elementos para comprender el fenómeno en cuestión. Por ejemplo, el impacto que tuvo, en el paso de la técnica a la tecnología, la nueva interpretación de la caída de Adán, que permitió ampliar la valoración y reconocimiento de las labores manuales. Es más, como señalamos en el apartado precedente, cuando se busca sistematizar los procedimientos técnicos, no sólo se están sentando las bases de la tecnología, sino también aquellas de la metodología científica.

Sin un procedimiento previamente establecido, que potencie la capacidad inventiva de los seres humanos, es imposible la «función téc-

técnica y sólo la reconoce como propia de los artesanos (Ortega y Gasset, 1969, 89-90).

nica general» (cf. Ortega y Gasset, 1968, 98). En la creación técnica opera la radical transformación del método intelectual llamada por Ortega y Gasset «tecnicismo», la cual permite el reconocimiento de la doble naturaleza del artesano (técnico y obrero), que se proyecta en el contraste entre el ingeniero y la máquina en el nuevo estadio de la técnica. Así:

> El tecnicismo de la técnica moderna se diferencia radicalmente del que ha inspirado todas las anteriores. Surge en las mismas fechas que la ciencia física y es hijo de la misma matriz histórica. [...] En el siglo XVI llega a la madurez una nueva manera de funcionar las cabezas que se manifiesta a la par en la técnica y en la más pura teoría. Más aún, es característico de esta nueva manera de pensar que no pueda decidirse dónde empieza, si en la solución de problemas prácticos o en la construcción de meras ideas (Ortega y Gasset, 1968, 101).

La dificultad de precisar la génesis de esta «nueva manera de pensar» revela, en principio, la debilidad teórica del entendimiento tradicional de la tecnología como ciencia aplicada, la más influyente concepción de la tecnología del siglo XX, aún vigente en Latinoamérica[6]. Tal

6. El entendimiento de la tecnología como ciencia aplicada supone una relación de subordinación de la tecnología respecto de la ciencia. En él se encuentra el fundamento del conocido «contrato social para la ciencia» establecido al finalizar la Segunda Guerra Mundial, que determina una relación lineal-unidireccional del progreso humano o bienestar social, esto es, el «modelo lineal de innovación». Según este modelo, la generación del conocimiento científico básico permite crear tecnologías y aumentar la producción, lo que definitivamente trae el bienestar social. Tal valoración de la tecnología se puede apreciar claramente en el determinante informe del Proyecto Manhattan elaborado por el ingeniero Vannevar Bush. En dicho proyecto, se reconoce la ciencia básica como la única vía de adquirir nuevo conocimiento que determinará el desarrollo tecnológico y social, logrando de esta forma el reconocimiento social de la ciencia que, por lo mismo, debe ser financiada por el Estado (cf. Bush, 1945, 13). La valoración optimista de la tecnología y la ciencia es consecuencia de los decisivos y categóricos resultados de la Segunda Guerra Mundial, lo que sólo fue posible gracias a la organización estatal y militar de la investigación científica. En la posguerra, la ciencia, sobre todo las ciencias físicas, aumentaron su importancia considerablemente en Estados Unidos, cuyo Departamento de Defensa organizó y financió la investigación para desarrollar tecnologías bélicas en el contexto de la guerra fría. Así, se fue forjando una imagen benefactora de la ciencia como modelo de la más profunda racionalidad, que hace posible una organización democrática de la sociedad. Una defensa filosófica de la concepción de la tecnología como ciencia aplicada en Bunge (1963, 1966, 1973). Para una exposición que sitúa el origen de la relación de la tríada «ciencia, tecnología y desarrollo» en Francis Bacon, cf. Orellana (1992). Para una ilustrativa exposición de los distintos modelos de relación entre la ciencia y la tecnología, ejemplificados en las ciencias de la ingeniería, cf. Cuevas Badallo (2000 y 2003). Para un estudio sobre la

entendimiento, fundado en la primacía de la ciencia, no resiste un análisis histórico. Porque «la maravilla máxima de la mente humana, la ciencia física, nace en la técnica» (Ortega y Gasset, 1968, 103). El mejor ejemplo de ello es Galileo, quien forma su mente en los arsenales de Venecia y no en la universidad, lo que, como vimos en el apartado precedente, es reconocido explícitamente por el pisano. Lejos estamos de aquella idea, sostenida por la concepción en cuestión, según la cual, la nueva técnica logra una mayor seguridad al copiar un método desarrollado primero por la ciencia. El conjunto de procedimientos que operan en la creación de obras útiles es exhaltado por Bacon cuando reclama una *Gran Restauración*. Contrario a lo que ocurre con las concepciones científicas de la época, el método de la nueva técnica permite un conocimiento efectivo de la naturaleza. Así, como se ha señalado, el proyecto baconiano sirve de inspiración para la Royal Society y la elaboración de la *Enciclopedia* de los ilustrados, quienes saben que la nueva ciencia es más próxima a los talleres que a las bibliotecas. Es en este ejercicio de explicación y sistematización de los procedimientos técnicos donde surge la moderna noción de tecnología. Ahora bien, el paso decisivo sigue siendo la sistematización de dichos procedimientos, aquello a lo que apunta Ortega cuando señala la dificultad de precisar el origen de esta «nueva manera de funcionar las cabezas» (Ortega y Gasset, 1968, 101).

Tanto Bacon, como Galileo y Descartes son conscientes de esta relación esencial entre técnica y ciencia. Ellos comparten una actitud crítica con la tradición, reconocen la importancia de los procedimientos técnicos y de las artes mecánicas para el progreso del conocimiento, restaurando de esta forma la dignidad del trabajo manual y modificando el operar intelectual de la época. Así, el reconocimiento de la técnica posibilita la formación de la nueva ciencia. Aunque no podemos desconocer la influencia de la ciencia en el desarrollo de la tecnología.

## 5. CONCLUSIÓN

Los elementos que hacen posible la transición de la técnica a la tecnología son diversos. La identificación de estos elementos, llamados aquí presupuestos filosóficos intelectuales, permite, en principio, caracterizar la técnica y la tecnología, sin desconocer que se trata de un fenómeno que paulatinamente se va tornando más complejo. Sin embargo,

vigencia de tal entendimiento en Latinoamérica que explora específicamente el caso de Chile, cf. Arancibia (2007).

como evidencia la bibliografía especializada, el problema sigue vigente, no existe acuerdo en Iberoamérica respecto de si corresponde denominar la disciplina que reflexiona sobre este fenómeno «filosofía de la técnica» o más bien «filosofía de la tecnología». Ahora bien, podría objetarse que se trata de un asunto por completo terminológico, señalándose que los pensadores de habla inglesa o alemana no lo tienen debido al supuesto acuerdo respecto del referente de los términos *Technology* y *Technik* y, por eso, denominan la disciplina, respectivamente, *Philosophy of Technology* y *Philosophie der Technik*.

¿Cómo denominar la disciplina en lengua castellana? Éste es un problema que aún no ha sido superado. Se podría argumentar a favor de ambas expresiones. Así, por ejemplo, si la tecnología es un cierto tipo de técnica que se distingue de otras por la complejidad de sus procedimientos, conocimientos y resultados, entonces, parece razonable pensar que la técnica es el género y la tecnología una especie. Desde este punto de vista, la filosofía de la técnica sería el nombre que recibe la reflexión filosófica más amplia sobre la actividad humana que es la técnica. Por lo mismo, la denominación de *filosofía de la tecnología* se referiría tan sólo a una etapa específica de la técnica y de esta forma sería una expresión bastante más restrictiva (cf. Agazzi, 1996, 95).

Por otra parte, si consideramos que la tecnología «presupone las técnicas como formas primordiales de la acción humana», tendríamos que reconocer que la expresión *filosofía de la tecnología* es más amplia e incluye a la expresión *filosofía de la técnica* (Mitcham, 1989, 14). De igual forma, las primeras reflexiones sistemáticas se desarrollan a partir de finales del siglo XIX. Antes de eso, los filósofos no hicieron de la técnica o la tecnología un punto de partida para sus reflexiones, sino que, más bien, sus reflexiones sobre la técnica y la tecnología eran colaterales a los temas que más les preocupaban: la educación y la economía. En una obra de 1877, titulada *Grundlinien einer Philosophie der Technik*, el geógrafo y filósofo alemán Ernst Kapp acuña la expresión «filosofía de la técnica» (Kapp, 1877 y 2001). Las reflexiones de Kapp (1877), Espinas (1897), Engelmeier (1899), Dessauer (1908 y 1927), Mumford (1930 y 1934), Ortega (1939) y Heidegger (1954), apuntan a que es la tecnología y no la técnica la causante del cambio radical en la manera de reflexionar. La creciente influencia de la nueva técnica o tecnología en la existencia humana motiva el análisis filosófico de la tecnología. Es más, la filosofía de la tecnología es una disciplina que no ha sido desarrollada exclusivamente por filósofos. Ella se nutre de las reflexiones en otros dominios de prácticas como la ingeniería, la historia, la sociología y la economía. Desde todos estos ámbitos se

reclama un marco propio para poder reflexionar sobre la tecnología. En este sentido, cuando se usa la expresión «filosofía de la tecnología», se reconoce el carácter interdisciplinar de tales reflexiones.

## BIBLIOGRAFÍA

Agazzi, E. (1996), *El bien, el mal y la ciencia. Las dimensiones éticas de la empresa científico-tecnológica*, Tecnos, Madrid.

Agustín de Hipona (1988), «La Ciudad de Dios», en Íd., *Obras Completas*, vols. XVI y XVII, Biblioteca de Autores Cristianos, Madrid.

Arancibia Gutiérrez, M. R. (2004), *La nueva ilustración: Una concepción del fenómeno tecnológico*, Universidad de Valparaíso, Viña del Mar, tesis de magíster.

Arancibia Gutiérrez, M. R. (2007), «Desventuras y vigencia de las relaciones entre ciencia, tecnología y desarrollo: el caso chileno», en *Actas del IV Congreso sobre Comunicación Social de la Ciencia. Cultura Científica y Cultura Democrática*, CSIC y FECYT, Madrid.

Aristóteles (1964), «Física», en Íd., *Obras*, Aguilar, Madrid, 572-705.

Aristóteles (2000), *Ética nicomáquea*, Gredos, Madrid.

Aristóteles (2000), *Metafísica*, Gredos, Madrid.

Aristóteles (2000), *Política*, Gredos, Madrid.

Bacon, F. (1947), *Del adelanto y progreso de la ciencia divina y humana*, Lautaro, Buenos Aires.

Bacon, F. (1985), *La gran Restauración*, Alianza, Madrid.

Bacon, F. (1985), «Novum Organum», en Íd., *La gran Restauración*, libro II, Alianza, Madrid.

Bacon, F. (1996), «La Nueva Atlántida», en T. Moro, *Utopías del Renacimiento*, FCE, México, D. F., 233-273.

Basalla, G. (1987), *La evolución de la tecnología*, Crítica, Barcelona.

Broncano, F. (1988), «Las posibilidades tecnológicas. Una línea de demarcación entre ciencia y tecnología»: *Arbor*, 507, 47-69.

Broncano, F. (2000), *Mundos Artificiales. Filosofía del cambio tecnológico*, Paidós, México, D. F.

Bunge, M. (1963), «Tecnología, Ciencia y Filosofía»: *Anales de la Universidad de Chile*, 126, 64-92.

Bunge, M. (1966), «Technology as Applied Science»: *Technology and Culture*, 3, 329-349.

Bunge, M. (1973), *La investigación científica: su estrategia y su filosofía*, Ariel, Barcelona.

Bunge, M. (1979), «The Five Buds of Techno-philosophy»: *Technology in Society*, 1, 67-74.

Bunge, M. (1988), *La ciencia, su método y su filosofía*, Sudamericana, Buenos Aires.

Bunge, M. (1997), *Ciencia, técnica y desarrollo*, Sudamericana, Buenos Aires.

Bury, J. (1971), *La idea de progreso*, Alianza, Madrid.

Bush, V. (1945), «The Enless Frontier: A Report to the President», United States Government Printing Office, Washington D. C.
Cuevas Badallo, A. (2004), «Epistemología y conocimiento útil»: *Revista del Instituto Tecnológico de Santo Domingo INTEC Ciencia y Sociedad*, 29, 329-365.
Cuevas Badallo, A. (2003), «Las ciencias ingenieriles como 'ciencias para la aplicación'. El caso de la resistencia de materiales»: *Argumentos de la Razón Técnica*, 6, 161-180.
D'Alambert, J. Le Rond (1974), *Discurso preliminar de la Enciclopedia (1751)*, Aguilar, Buenos Aires.
Descartes, R. (1954), *Discurso del método*, Revista de Occidente, Madrid.
Descartes, R. (1990), *El tratado del hombre*, Alianza, Madrid.
Dessauer, F. (1964), *Discusión sobre la técnica*, Rialp, Madrid.
Ducasse, P. (1979), *Historia de las técnicas*, Eudeba, Buenos Aires.
Durbin, P. (1989), «Ciencia y tecnología en su contexto»: *Anthropos*, 94-95, 50-56.
Durbin, P. (2001), «Filosofía de la tecnología en el continente americano en los últimos veinticinco años», en J. A. López, J. L. Luján y E. M. García (eds.), *Filosofía de la Tecnología*, Teorema/OEI, Madrid, 97-106.
Durbin, P. (ed.) (1980), *A Guide to the Culture of Science, Technology, and Medicine*, Free Press, New York.
Durbin, P. y Rapp, F. (eds.) (1983), *Philosophy and Technology*, D. Reidel, Boston.
Ellul, J. (1960), *El siglo* XX *y la técnica: Análisis de las conquistas y peligros de la técnica de nuestro tiempo*, Labor, Barcelona.
Ellul, J. (1962), «The technological Order»: *Technology and Culture*, 3, 394-421.
Fehér, M. (2001), «Lo natural y lo artificial (un ensayo de clarificación conceptual)», en J. A. López, J. L. Luján y E. M. García (eds.), *Filosofía de la Tecnología*, Teorema/OEI, Madrid, 159-168.
Feibleman, J. (1961), «Pure Science, Applied Science, Technology, Engineering: An Attempt at Definitions»: *Technology and Culture*, 2, 305-317.
Feibleman, J. (1966), «Technology as Skills»: *Technology and Culture*, 3, 318-328.
Feibleman, J. (1972), «Pure Science, Applied Science, and Technology: An Attempt at Definitions», en C. Mitcham y R. Mackey (eds.), *Philosophy and Technology: Readings in the Philosophical Problems of Technology*, Free Press, New York, 33-41.
Galileo Galilei (2003), *Diálogo acerca de dos nuevas ciencias*, Losada, Buenos Aires.
García de la Huerta, M. (1990), *Crítica de la razón tecnocrática*, Universitaria, Santiago de Chile.
Heidegger, M. (1998), *Serenidad*, Serbal, Barcelona.
Heidegger, M. (2000), *Filosofía, Ciencia y Técnica*, Universitaria, Santiago de Chile.
Heidegger, M. (2000), «La pregunta por la técnica», en Íd., *Filosofía, Ciencia y Técnica*, Universitaria, Santiago de Chile, 113-148.

Hickman, L. (1990), *Technology as a human affair*, McGraw-Hill, New York.
Hronzsky, I. (2001), «Algunas observaciones sobre la reciente filosofía de la tecnología en Europa: el caso de Alemania», en J. A. López, J. L. Luján y E. M. García (eds.), *Filosofía de la Tecnología*, Teorema/OEI, Madrid, 107-121.
Kapp, E. (1877), *Grundlinien einer Philosophie der Technik zur Entstehungsgeschichte der Cultur aus neuen Gesichtspunkten*, Westermann, Braunschweig.
Kapp, E. (2001), «Líneas fundamentales de una filosofía de la técnica», en J. A. López, J. L. Luján y E. M. García (eds.), *Filosofía de la Tecnología*, Teorema/OEI, Madrid, 125-133.
Klemm, F. (1962), *Historia de la técnica*, Luis de Caralt, Barcelona.
Koyré, A. (1994), *Pensar la ciencia*, Paidós, Barcelona.
Kranzberg, M. y Davenport, W. H. (eds.), (1973), *Tecnología y Cultura*, Gustavo Gili, Barcelona.
Kroes, P. (1998), «Philosophy of Technology», en E. Graig (ed.), *Routledge Encyclopedia of Philosophy*, Routledge, London/New York, vol. 9, 284-288.
Latour, B. (1992), *Ciencia en Acción. Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*, Labor, Barcelona.
Latour, B. y Woolgar, S. (1995), *La vida en el laboratorio: La construcción de los hechos científicos*, Alianza, Madrid.
Lenk, H. y Moser, S. (eds.) (1973), *Techne, technik, technologie (Philosophische Perspektiven)*, Documentation, Pullach.
Luján, J. (1989), «Tecnología, ciencia y sociedad: proceso a la epistemología popular»: *Anthropos*, 94-95, 81-86.
Medina, M. (1985), *De la téchne a la tecnología*, Tirant lo Blanch, València.
Méndez, R. (1989), «La filosofía de la tecnología del siglo XX»: *Anthropos*, 94-95, 27-34.
Mitcham, C. (1980), «Philosophy of Technology», en P. Durbin (ed.), *A Guide to the Culture of Science, Technology, and Medicine*, Free Press, New York, 282-363.
Mitcham, C. (1989a), *¿Qué es la filosofía de la tecnología?*, Anthropos, Barcelona.
Mitcham, C. (1989b), «Tres formas de ser - con la tecnología»: *Anthropos*, 94-95, 13-27.
Mitcham, C. (1994), *Thinking Through Technology: The Path Between Engineering and Philosophy*, The University of Chicago Press, Chicago.
Mitcham, C. y Mackey, R. (eds.) (1972), *Philosophy and Technology: Readings in the Philosophical Problems of Technology*, Free Press, New York.
Munford, L. (1969), *El mito de la máquina I. Las técnicas y el desarrollo de la humanidad*, EMECE, Buenos Aires.
Munford, L. (1970), *The Myth of Machine II. The pentagon of power*. Harcourt Brace Jovanovich, New York.
Munford, L. (1989a), «La técnica y la naturaleza del hombre»: *Suplementos Anthropos*, 14, 131-138.

Munford, L. (1989b), «Técnicas autoritarias y democráticas»: *Suplementos Anthropos*, 14, 127-131.
Munford, L. (2000), *Técnica y civilización*, Alianza, Madrid.
Niiniluoto, I. (1997a), «Ciencia frente a tecnología: ¿diferencia o identidad?»: *Arbor*, 620, 285-299.
Niiniluoto, I. (1997b), «Límites de la tecnología»: *Arbor*, 620, 391-410.
Orellana Benado, M. E. (1992), «Arribismo epistemológico y desarrollo científico-tecnológico», en E. Sabrovsky (comp.), *Tecnología y Modernidad en América Latina: Ética, Política y Cultura,* Hachette, Santiago de Chile, 25-33.
Orellana Benado, M. E. (1994), *Pluralismo: Una ética del siglo* XXI, Universidad de Santiago, Santiago de Chile.
Orellana Benado, M. E. (2011), *Prójimos Lejanos. Ensayos en la tradición analítica, con epílogo autobiográfico y una introducción de Sir P. F. Strawson*, UDP, Santiago de Chile.
Ortega y Gasset, J. (1966), «El mito del hombre allende la técnica», en Íd., *Obras completas*, vol. IX, Revista de Occidente, Madrid, 617-624.
Ortega y Gasset, J. (1968), *Meditación de la técnica*, Revista de Occidente, Madrid.
Ortega y Gasset, J. (1969), *La rebelión de las masas*, Espasa-Calpe, Madrid.
Ortega y Gasset, J. (1980), *El hombre y la gente*, Alianza, Madrid.
Platón (2000), *La República*, Gredos, Madrid.
Platón (2000), *Fedro*, Gredos, Madrid.
Platón (2000), *Filebo*, Gredos, Madrid.
Platón (2000), *Leyes*, Gredos, Madrid.
Platón (2000), *Menón*, Gredos, Madrid.
Platón (2000), *El Político*, Gredos, Madrid.
Platón (2000), *Gorgias*, Gredos, Madrid.
Price, D. J. (1965), «Is Technology Historically Independent of Science? A Study in Statistical Historiography»: *Technology and Culture*, 6, 553-568.
Price, D. J. (1980), «Ciencia y tecnología: distinciones e interrelaciones», en B. Barnes (comp.), *Estudios sobre sociología de la ciencia*, Alianza, Madrid, 163-177.
Price, D. J. (1984), «The Science / Technology Relationship, the Craft of Experimental Science, and Policy for the Improvement of High Technology Innovation»: *Research Policy*, 12/1, 3-20.
Quintanilla, M. A. (1988a), *Tecnología: Un Enfoque Filosófico*, Fundesco, Madrid.
Quintanilla, M. A. (1988b), «Bases para la filosofía de la técnica (la estructura de los sistemas técnicos)»: *Arbor*, 507, 11-28.
Quintanilla, M. A. (1989), «Las virtudes de la racionalidad instrumental»: *Anthropos*, 94-95, 95-99.
Quintanilla, M. A. (1998), «El Concepto de Cultura Tecnológica», en M. A. Quintanilla y A. Bravo, *Cultura Tecnológica e Innovación*, Fundación Cotec, Madrid, 2-96.

Quintanilla, M. A. (2001), «Técnica y Cultura», en J. A. López, J. L. Luján y E. M. García (eds.), *Filosofía de la Tecnología*, Teorema/OEI, Madrid, 55-78.
Rapp, F. (1981), *Filosofía analítica de la técnica*, Alfa, Buenos Aires.
Rapp, F. (ed.) (1974), *Contributions to a Philosophy of Technology. Studies in the Structure of Thinking in the Technological Science*, Reidel, Dordrecht.
Rosenberg, N. (1993), *Dentro de la caja negra: tecnología y economía*, La Llar del Libre, Barcelona.
Rosenbeg, N. y Nelson, R. (1994), «American Universities and Technical Advance in Industry»: *Research Policy*, 23, 323-348.
Rossi, P. (1970), *Los filósofos y las máquinas*, Labor, Barcelona.
Rossi, P. (1990), *Francis Bacon: de la magia a la ciencia*, Alianza, Madrid.
Sanmartín, J. (1987), *Los nuevos redentores. Reflexiones sobre la ingeniería genética, la sociobiología y el mundo que nos prometen*, Anthropos, Barcelona.
Sanmartín, J. (1988), «Reflexión en torno a la cuestionable primacía de lo teórico, o semblanza del cachivache»: *Arbor*, 507, 29-45.
Sanmartín, J. (1990), *Tecnología y futuro humano*, Anthropos, Barcelona.
Sanmartín, J. (2001), «La tecnología en la sociedad de fin de siglo», en J. A. López, J. L. Luján y E. M. García (eds.), *Filosofía de la Tecnología*, Teorema/OEI, Madrid, 79-94.
Tomás de Aquino (1967), *Suma contra los Gentiles*, Biblioteca de Autores Cristianos, Madrid.
Tomás de Aquino (2001), *Suma de Teología*, vols. I-V, Biblioteca de Autores Cristianos, Madrid.
White, L. (1973), *Tecnología medieval y cambio social*, Paidós, Buenos Aires.
Winner, L. (1987), *La ballena y el reactor. Una búsqueda de los límites en la era de la alta tecnología*, Gedisa, Barcelona.

# TECNOLOGÍA, CULTURA E INNOVACIÓN

*Miguel Ángel Quintanilla*

Sabemos que las modalidades de desarrollo tecnológico están estrechamente relacionadas con las configuraciones culturales de las diferentes sociedades, que hay una cierta coherencia entre las tecnologías que una sociedad es capaz de crear o de asimilar y el resto de los rasgos culturales que caracterizan a esa sociedad. Ortega y Gasset (1939) ya lo señalaba en su *Meditación de la técnica* cuando intentaba explicar los diferentes estilos tecnológicos de Oriente y Occidente, o cuando contraponía los modelos culturales del hidalgo y del *gentleman*. Más recientemente, los debates sobre «tecnologías apropiadas» para los países del Tercer Mundo y las controversias sobre modelos alternativos de desarrollo económico han puesto también de relieve la importancia de los factores culturales para explicar o dirigir el cambio técnico. Incluso, en informes eminentemente orientados a la toma de decisiones en política científica y en gestión de la innovación tecnológica, se concede una creciente importancia a los factores culturales (COTEC, 1998). Mi propósito en este capítulo es exponer los fundamentos de una teoría general de la cultura técnica que pueda servir para construir modelos específicos para el análisis de las interacciones entre tecnología, cultura e innovación en casos concretos. Me apoyaré para ello en la noción de sistema técnico que he desarrollado en otras ocasiones (Quintanilla, 1989; 1993-1994; 1996; 2004), en la filosofía de la cultura de Jesús Mosterín (1993)[1] y en la teoría de sistemas de Mario Bunge (1979).

En primer lugar resumiré algunas nociones básicas de la filosofía de la técnica, como son las de sistema técnico, técnica y tecnología.

1. Este texto se ha elaborado integrando otros previamente publicados, en especial Quintanilla (1998; 2002 y 2004).

Después propondré una teoría de la cultura técnica y finalmente, un esquema para el análisis de la incidencia de los factores culturales en el desarrollo técnico y en la innovación tecnológica.

## 1. NOCIONES BÁSICAS DE LA TEORÍA DE LA TÉCNICA

Para empezar, hay que señalar la existencia de una ambigüedad sistemática en el uso de los términos «técnica» y «tecnología», «artefacto técnico», «conocimiento técnico» y «sistema técnico».

En principio se entiende por *técnica un conjunto de habilidades y conocimientos que sirven para resolver problemas prácticos*. Un tipo específico de técnicas son las *técnicas productivas* o de transformación y manipulación de objetos concretos para producir intencionadamente otros objetos, estados de cosas o procesos. Los resultados de la aplicación de estas técnicas productivas son lo que llamamos *artefactos*, algunos de los cuales, como las *herramientas y máquinas*, son a su vez *instrumentos técnicos*. Las técnicas en general, y en especial las técnicas productivas, constituyen, pues, una *forma de conocimiento, de carácter práctico*[2].

Por *tecnología se entiende un conjunto de conocimientos de base científica que permiten describir, explicar, diseñar y aplicar soluciones técnicas a problemas prácticos de forma sistemática y racional*[3]. La importancia de una tecnología de base científica para poder diseñar y producir determinado tipo de artefactos técnicos explica el uso de nociones como artefacto tecnológico, industria tecnológica, tecnología avanzada, etc., en relación con determinadas técnicas productivas características de la industria actual. En todos estos casos se hace referencia a un tipo de técnicas o artefactos e industrias cuyo desarrollo y aplicación han sido posibles gracias a la existencia de un cuerpo de conocimientos tecnológicos de base científica. Frente a ellos, y para distinguirlos, se puede hablar de *técnicas empíricas*, artesanales o pretecnológicas para referir a aquellas técnicas que se basan exclusiva-

2. Incluyo las *habilidades* como formas de conocimiento práctico. En Quintanilla (1991) se desarrolla este tema, que luego apareció publicado como una parte de Quintanilla (1993-1994). Véase también Vega (1996).

3. El significado del término «tecnología» no está estabilizado ni en castellano ni en otros idiomas, como el inglés o el francés, de los que depende el uso del término español. Mitcham (1994) hace un exhaustivo análisis de los significados de «technology», al que remitimos al lector. De las diferentes definiciones que comenta Mitcham (1994, 153), las más próximas a la que proponemos aquí son las de Galbraith (1971): «la aplicación sistemática del conocimiento científico, o de otras formas de conocimiento organizado, a tareas prácticas»; y Rosenberg (1982): «el conocimiento de las técnicas».

mente en la *experiencia práctica*, no en la aplicación sistemática del conocimiento científico a la resolución de problemas.

Una regla que utilizaremos aquí, y que debería respetarse siempre, para evitar confusiones, es que el concepto de *técnica*, en expresiones como *filosofía de la técnica, historia de la técnica, etc.*, se usará siempre en *sentido genérico*, reservando la denominación de *técnica empírica* o *artesanal* para las técnicas productivas no basadas en la ciencia, y la de *tecnología* para las técnicas productivas (o, al menos, de relevancia económica) basadas en la ciencia.

Por otra parte, distinguiremos también entre técnicas, artefactos y sistemas técnicos. Las *técnicas* son entidades culturales (Mosterín, 1993) o formas de conocimiento: algo que se puede aprender y transmitir a través de diferentes procesos de aprendizaje, como se transmite cualquier información cultural. En cambio, los *artefactos* son entidades materiales, concretas, que se pueden manipular, usar, construir y destruir, pero de las que, salvo en sentido figurado o metafórico, no cabe decir que se aprendan, se codifiquen o se interpreten (Bunge, 1970, vol. III). Por su parte, los *sistemas técnicos*, como veremos más adelante, son como los artefactos, entidades concretas, pero incluyen, como partes de ellos, a los agentes intencionales que utilizan, diseñan o controlan los artefactos

A modo de síntesis, podemos distinguir tres grandes orientaciones o enfoques en las teorías sobre la técnica y la tecnología, que llamaremos enfoque cognitivo, instrumental y sistémico[4].

Para el *enfoque cognitivo*, las técnicas empíricas son formas de conocimiento práctico, las tecnologías son *ciencia aplicada* a la resolución de problemas prácticos, y el cambio técnico consiste en el progreso del conocimiento y de sus aplicaciones, siendo sus fuentes principales la invención técnica y el desarrollo y la aplicación del conocimiento científico[5].

Para el enfoque que llamamos *instrumental*, las técnicas se identifican con los *artefactos*, los instrumentos y productos resultados de la actividad o del conocimiento técnico. Esto se aplica tanto a las técnicas empíricas (como cuando se habla de los utensilios de un yacimiento del

4. Mitcham (1994) hace una distinción parecida, hablando de las diferentes «formas de manifestación» de la tecnología, como conocimiento, como actividad (producción y uso) y como objetos (artefactos), añadiendo, además, una manifestación «como volición» (podríamos decir, como fuente de poder).

5. Bunge (1966) es una referencia clásica para el enfoque cognitivo, aunque en Bunge (1985) presenta una filosofía de la tecnología más completa y sistémica. También la obra de J. Agassi (1985) se puede encuadrar en el enfoque cognitivo, aunque lo trasciende para interesarse por los aspectos sociales y políticos de la tecnología.

Paleolítico Superior, o de las técnicas constructivas del antiguo Egipto) como a las tecnologías científicas modernas: la tecnología espacial es el conjunto de aeronaves y dispositivos que se utilizan para la navegación espacial, se dice que se ha adquirido una nueva *tecnología* para la planta de producción cuando en realidad lo que se ha hecho es incorporar una nueva máquina o conjunto de máquinas, etcétera.

Finalmente, el enfoque que llamamos *sistémico*, consiste en considerar que las unidades de análisis para estudiar las propiedades de la técnica o para construir una teoría del desarrollo tecnológico, no son conjuntos de conocimientos o conjuntos de artefactos, sino *sistemas técnicos.* La idea intuitiva subyacente en este enfoque es que un *sistema técnico* es una unidad compleja formada por artefactos, materiales y energía, para cuya transformación se utilizan los artefactos, y agentes intencionales (usuarios u operarios) que realizan esas *acciones* de transformación. Por ejemplo, una lavadora automática doméstica es un artefacto; la ropa sucia, el agua, el jabón y la energía eléctrica son los *inputs* que se necesitan para que la lavadora funcione; pero se requiere al menos un agente intencional que ponga en marcha la máquina, introduzca la ropa y el detergente y seleccione el programa de funcionamiento, para que el conjunto funcione realmente como un sistema técnico. El conjunto *artefacto+materiales+energía+usuario* constituye el *sistema técnico*. La definición es aplicable tanto a los sistemas artesanales que se basan en técnicas empíricas como a los sistemas tecnológicos. La diferencia está en la complejidad de las correspondientes estructuras, y en el tipo de conocimientos y habilidades que se necesitan para diseñar, construir y, a veces, usar el sistema.

Las consecuencias que se derivan de adoptar uno u otro enfoque en el análisis de la técnica no carecen de importancia. Por ejemplo, si se adopta un *enfoque cognitivo*, el teórico de la técnica centrará su atención en cuestiones relativas al desarrollo del conocimiento y de la investigación aplicada, pero tendrá dificultades para integrar en su teoría cuestiones relativas a la difusión de las innovaciones. Políticas de desarrollo tecnológico basadas en el *empuje de la oferta* (potenciar la I+D) suelen estar inspiradas por una visión cognitiva de la tecnología, en las que el factor fundamental de la innovación es la *invención* de nuevos artefactos, pero suelen encontrarse con problemas para comprender la dificultad de transferir los conocimientos obtenidos en las actividades de I+D a las actividades de producción y comercialización de las empresas.

Por otra parte, si se adopta un *enfoque instrumental*, será fácil identificar las diferentes tecnologías y sus propiedades, tanto funcionales como económicas, y a partir de ellas podremos entender algunos

*Tabla 1:* Tres enfoques en la teoría de la técnica

| | | CARACTERÍSTICAS MÁS RELEVANTES | | |
|---|---|---|---|---|
| | | La técnica empírica es | La tecnología es (fundamentalmente) | Factor fundamental del desarrollo tecnológico |
| ENFOQUES | COGNITIVO | Conocimiento práctico<br>Habilidad | Conocimiento científico aplicado | La invención y la I+D |
| | INSTRUMENTAL | Utensilios, máquinas y artefactos técnicos artesanales | Artefactos industriales | La difusión de innovaciones |
| | SISTÉMICO | Sistemas de artefactos+materiales+energía+ usuarios/operarios basados en técnicas empíricas | Sistemas técnicos que incluyen artefactos industriales y operarios con formación especializada, basados en tecnologías científicas | La innovación social y cultural |

aspectos de los procesos de *innovación y difusión* de las innovaciones; pero será difícil comprender el *origen* de las innovaciones y la influencia que los *factores sociales y culturales* pueden ejercer sobre el desarrollo tecnológico. Muchos de los modelos económicos del cambio técnico suelen adoptar este enfoque que llamamos instrumental.

El enfoque *sistémico* es el que nos parece más realista y comprensivo. Adoptando este enfoque nos obligamos a incluir en la teoría de la innovación y del desarrollo tecnológico no sólo elementos cognitivos o económicos, sino también elementos sociales, organizativos, culturales, etc. Por ejemplo, la introducción de una innovación en el mercado se presenta ahora como un proceso complejo que implica no sólo operaciones de investigación y desarrollo, producción y venta de un artefacto (un producto), sino también procesos logísticos de aprovisionamiento de materiales, organización de las redes de distribución, formación de personal y de usuarios, etc., algo que podemos resumir en la idea de una *innovación social* asociada a la innovación técnica.

Muchos de los enfoques actuales en economía (Dosi *et al.* [eds.], 1982), sociología (Bijker *et al.* [eds.], 1987) y, en cierto modo, en política de la tecnología[6] comparten los rasgos básicos del enfoque sistémico, pero no siempre cuentan con una noción precisa y coherente de sistema técnico.

## 2. LA ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS TÉCNICOS

Hughes (1983) usa la noción de sistema tecnológico para referirse a sistemas complejos en los que los aspectos sociales y organizativos pueden ser tan importantes como los propios artefactos físicos. Por ejemplo, el sistema de generación y distribución de energía eléctrica que inventó y puso en práctica Edison constituye un sistema tecnológico en este sentido. Para entender su funcionamiento hay que tener en cuenta no sólo las propiedades de los dispositivos eléctricos, sino también la capacidad organizativa de Edison, los cambios de costumbres que se produjeron como consecuencia del uso industrial y doméstico de la electricidad, etc. Pero, en realidad, cualquier técnica concreta, independientemente de su magnitud y complejidad, presenta esa doble dimensión (física y social, artefactos y organización) que en los grandes sistemas tecnológicos es más fácil de advertir. Un ordenador

6. El *Manual de Oslo* de la OCDE para la recogida de información sobre políticas de innovación tecnológica responde en buena medida a este enfoque.

personal aisladamente considerado es un simple artefacto incapaz de hacer nada; un ordenador acoplado a un usuario es un sistema técnico que puede resolver problemas de cálculo o de control de maquinaria, etcétera.

Podemos definir un *sistema técnico como un dispositivo complejo compuesto de entidades físicas y de agentes humanos, cuya función es transformar, de forma eficiente, algún tipo de cosas para obtener determinados resultados característicos del sistema*[7]. Una factoría de producción de automóviles es un sistema técnico. Pero una lavadora eléctrica, con todos sus componentes, junto con su usuario, la ropa, el jabón y el agua que éste introduce en ella, y la energía eléctrica que consume, constituye también un sistema técnico caracterizado por unos determinados objetivos y resultados. Todos los elementos que caracterizan un sistema técnico están resumidos en la Tabla 2.

— Inputs. Se trata de las *materias primas* que se utilizan y se transforman en el sistema técnico (la ropa, el jabón, el agua, en el caso de la lavadora, el uranio enriquecido, en una central nuclear, etc.) y la *energía* que se emplea para las operaciones del sistema.

— *Componentes materiales*. Las «piezas» o *equipamiento*, es decir, los componentes técnicos del propio sistema (el reactor, las edificaciones de la central nuclear; las piezas, motores, mecanismos, controladores electrónicos, válvulas, etc., de la lavadora, el procesador y los chips de memoria del ordenador, etcétera).

— *Componentes intencionales o agentes*. La diferencia principal entre un artefacto y un sistema técnico es que el sistema técnico requiere la actuación de agentes intencionales: una lavadora sin usuario, una central nuclear sin operarios e ingenieros que la hagan funcionar y que controlen su funcionamiento, o un ordenador sin nadie que lo programe, no son sistemas técnicos, son piezas de museo que representan una parte de un sistema técnico. Los agentes de un sistema técnico son generalmente individuos humanos, caracterizados por sus *conocimientos, habilidades* y *valores* (su *cultura,* véase más adelante) y que actúan en el sistema, bien sea como *usuarios*, como *operadores manuales*, o como *controladores o gestores* del sistema. En sistemas complejos estas funciones pueden ser ejercidas por individuos diferentes; pero también es posible que varias de esas funciones las

7. En Quintanilla (1989) propuse la siguiente definición «Un sistema técnico es un sistema de acciones intencionalmente orientado a la transformación de objetos concretos para conseguir de forma eficiente un resultado que se considera valioso» y desarrollé formalmente los conceptos involucrados en esta definición a partir de la ontología de sistemas de Mario Bunge (1979).

*Tabla 2:* Caracterización de los sistemas técnicos

| | | |
|---|---|---|
| *Inputs* | Materias primas | |
| | Energía | |
| Componentes | Materiales (piezas) | |
| | Agentes | Operadores |
| | | Usuarios |
| | | Gestores |
| Estructura | Acciones de transformación | Procesos materiales |
| | | Acciones de manipulación |
| | Acciones de gestión | Monitorización |
| | | Control del sistema |
| | Objetivos pretendidos $(o_1, \ldots o_n)$ | |
| *Outputs* (resultados obtenidos) | Pretendidos | |
| | No pretendidos | |

ejerza la misma persona e incluso es posible que parte de ellas sean transferidas a mecanismos de control automático.

— *La estructura del sistema*. Está definida por las relaciones o interacciones que se producen entre los componentes del sistema. Distinguimos dos tipos: *relaciones de transformación* y *relaciones de gestión*. Entre las primeras cabe distinguir los *procesos físicos* que se producen en los componentes materiales del sistema, por una parte, y las acciones de *manipulación* que llevan a cabo los agentes intencionales. En un reactor nuclear; los procesos de fisión del núcleo atómico pertenecen al primer grupo, los procesos de manipulación, carga y descarga del combustible, pertenecen al segundo grupo. Las *relaciones de gestión* son también relaciones entre los componentes del sistema, pero en ellas lo que cuenta no son las transformaciones materiales que se producen entre los componentes, sino el flujo de *información* que permite el control y la gestión global del sistema: la actuación de los dispositivos de *monitorización* (que informan del estado del sistema), y de

*control* automático (programa de la lavadora, dispositivos de alarma y de parada automática de una central nuclear) o manual (las acciones de arranque y parada de la máquina, de la central nuclear, etc.) forman parte de la estructura de cualquier sistema técnico. En sistemas complejos, la gestión del sistema puede requerir centenares de personas (desde los encargados de planta hasta el equipo de ingenieros de una fábrica industrial) y millones de elementos técnicos (procesadores electrónicos, sistemas de control automático, monitores, etc.). También es posible que la gestión completa del sistema se automatice (se encomiende a un programa de ordenador) o que todas las funciones de control se realicen al mismo tiempo por el mismo agente (en sistemas simples o altamente automatizados, en los que las operaciones de gestión se reducen a observar los indicadores de alarma y a parar o arrancar manualmente un sistema).

— *Los objetivos*. Son parte de la estructura del sistema, ya que constituyen elementos imprescindibles para las acciones intencionales. Se supone que un sistema técnico se diseña y se utiliza para conseguir unos determinados objetivos o realizar determinadas funciones. Una lavadora automática se puede utilizar como mesa, pero no suele ser ése el objetivo para el que ha sido diseñada. Para caracterizar un sistema técnico es muy importante definir bien sus objetivos, a ser posible en términos precisos y cuantificables, de manera que el usuario u operador del sistema sepa a qué atenerse y qué puede esperar del mismo.

— Outputs *o resultados*. En general, el resultado de una acción intencional no coincide completamente con los objetivos de la acción: puede suceder que parte de los objetivos no se consigan (o no se consigan en la medida prevista) y que, además, se obtengan resultados que nadie pretendía obtener. Por eso, para caracterizar y valorar cualquier sistema técnico, es importante distinguir entre los objetivos previstos y los resultados realmente obtenidos (y dentro de éstos, los que coinciden con los previstos y los que difieren de ellos). Dos centrales nucleares pueden tener los mismos objetivos de producción de energía eléctrica, la misma potencia, etc.; pero serán muy diferentes si una genera residuos radiactivos que se pueden utilizar directamente para producir armamento nuclear y otra no, o si en una se producen escapes radiactivos con más frecuencia que en la otra, etcétera.

Nuestra definición de sistema técnico constituye una base sólida para la construcción de una teoría de la estructura y la dinámica de la tecnología. En primer lugar, al quedar bien definida la estructura de los sistemas técnicos, se pueden definir con precisión nociones importantes como las de subsistema técnico, variante de una técnica, adaptación de técnicas a usos alternativos, composición de técnicas, complejidad

tecnológica, etc. Además, permite establecer clasificaciones sistemáticas de las técnicas y las tecnologías, y dar un significado preciso a nociones ambiguas como la distinción entre tecnologías blandas y duras, tecnologías apropiadas, tecnologías alternativas y usos alternativos de una tecnología, como propuse en Quintanilla (1989 y 2004). En segundo lugar, la diferenciación entre componentes materiales y sociales (o agentes) permite recoger la complejidad de los sistemas técnicos sin reducirlos a conglomerados opacos o a redes de «actores», en los que se supone que tienen la misma eficacia causal las personas, las palabras, los artefactos y las materias primas, utilizando para ello metáforas antropomórficas, extraídas de la lingüística (Callon, 1986; Latour, 1987).

En tercer lugar, la noción de sistema técnico nos permite ubicar el papel del conocimiento técnico y de otros factores culturales, como los valores (cf. Broncano, 1997), en la evolución de las técnicas.

## 3. CULTURA TÉCNICA

Utilizaremos aquí la propuesta de Mosterín (1993), según la cual «cultura es la información transmitida por aprendizaje social entre animales de la misma especie». Esta información puede ser de tres tipos: representacional (información acerca de las características y propiedades del medio), práctica (información acerca de cómo hay que actuar) y valorativa (información acerca de qué estados de cosas son preferibles, convenientes o valiosos). Como el propio Mosterín señala, esta concepción de la cultura recoge, precisándolo, el contenido esencial del concepto de cultura que se usa en la antropología y la etología científicas. La cultura de un grupo social estará formada por el conjunto de rasgos culturales (representaciones, creencias, reglas y pautas de comportamiento, sistemas de preferencias y valores) presentes en los miembros de ese grupo. Por otra parte, el conjunto de todos los rasgos culturales que constituyen la cultura de un grupo social se pueden clasificar en varias culturas específicas, en función de los contenidos de esos rasgos culturales: puede hablarse, así, de la cultura religiosa, política, científica, deportiva, empresarial, laboral, académica, etc. Dentro de este marco de ideas, la expresión *cultura técnica* puede tener dos acepciones. Por una parte, puede referirse al conjunto de técnicas (como conocimientos prácticos) de que dispone un determinado grupo social (la técnica forma parte de la cultura); por otra parte, puede referirse a un conjunto de rasgos culturales (representaciones, reglas y valores) relacionados con las técnicas. Aquí nos atendremos a este segundo sentido, más amplio, de cultura técnica.

De hecho, los sistemas técnicos son en realidad sistemas híbridos, *sociotécnicos*. Incorporan, por lo tanto, componentes culturales, económicos y organizativos o políticos y, además, funcionan y se desenvuelven en un entorno formado por otros sistemas sociales más amplios que influyen en ellos y a su vez son afectados por ellos. Parte del entorno social de cualquier sistema técnico es un *sistema cultural*, que incluye conocimientos científicos y tecnológicos, pero también otros componentes culturales referidos a valores, habilidades, representaciones o creencias, etc. La situación se puede resumir en los siguientes términos: *la cultura forma parte de los sistemas técnicos y la técnica forma parte de la cultura*.

A partir de estas consideraciones podemos definir la *cultura técnica de un grupo social como una cultura específica, formada por todos los rasgos culturales (información descriptiva, práctica y valorativa) que se refieren a, o se relacionan de algún modo con, sistemas técnicos*. Los componentes principales de la cultura técnica son, pues[8]:

1. Los conocimientos, creencias y representaciones conceptuales o simbólicas sobre las técnicas y sobre los sistemas técnicos. Llamaremos a esto *el contenido simbólico o representacional de la cultura técnica*.
2. Las reglas y pautas de comportamiento, habilidades y conocimientos operacionales referidos a sistemas técnicos. Llamaremos a esto el *componente práctico de la cultura técnica*.
3. Los objetivos, valores y preferencias relativos al diseño, adquisición, uso, etc., de sistemas técnicos y de conocimientos técnicos. Llamaremos a esto el *componente valorativo o axiológico de la cultura técnica*.

Estos componentes de la cultura técnica se pueden presentar en dos modalidades: aquellos que *están incorporados* a sistemas técnicos y aquellos otros, que aun siendo parte de la cultura técnica de un grupo social, *no están incorporados* a ningún sistema técnico. En el primer caso hablaremos de cultura técnica *incorporada*; en el segundo, hablaremos de cultura técnica *no incorporada*.

8. Nuestro planteamiento difiere, aunque no es totalmente incompatible con el de otros autores que se han ocupado intensamente de los aspectos culturales de la tecnología. Por ejemplo, Pacey (1983) distingue tres *aspectos* en la *práctica tecnológica*: el propiamente técnico, el organizacional y el cultural. Este último incluye los objetivos, valores, creencias sobre la técnica (como la creencia en el progreso), etcétera.

### 3.1. *Cultura técnica incorporada*

En efecto, los sistemas técnicos *incorporan* muchos contenidos culturales. Un sistema técnico está compuesto en parte por agentes humanos que actúan intencionalmente (operadores, gestores o usuarios del sistema). Para actuar en el sistema técnico, estos agentes necesitan determinada *información* que forma parte de su propia cultura, en especial:

1. Los *conocimientos, creencias o representaciones* que poseen acerca de los componentes, la estructura y el funcionamiento del sistema.
2. Las *habilidades prácticas y reglas de actuación* que son capaces de seguir para operar con el sistema, o para diseñarlo y construirlo.
3. Los *valores referidos especialmente a los objetivos y resultados* de cada una de sus acciones, así como del sistema en su conjunto y a la relación entre ambos.

Todos estos elementos culturales se pueden considerar incorporados a cada sistema técnico a través de sus operadores y constructores humanos. El contenido cultural de cada sistema técnico concreto puede ser (y generalmente será) diferente, puesto que también lo es la cultura de los diferentes agentes humanos. *El conjunto de los contenidos culturales incorporados a todos los miembros de una clase de sistemas representativos de una determinada técnica constituye el contenido cultural de esa técnica en sentido estricto (cultura técnica incorporada)*.

Por ejemplo, actualmente, la tecnología del transporte individual mediante automóviles incluye una verdadera «cultura del automóvil» con muchas variantes. Hay, sin embargo, un contenido cultural mínimo que debe incorporarse a cada uno de los sistemas de transporte individual que se encuentran efectivamente funcionando. En este caso ese contenido mínimo de cultura tecnológica suele estar fijado por las leyes y reglamentos del tráfico, y es objeto de enseñanza especializada y de control mediante exámenes que los conductores de automóviles deben superar para obtener el permiso de conducción.

Obviamente, la técnica de conducir automóviles no es idéntica a la técnica que se utiliza para construirlos. El automóvil que sale de la fábrica incorpora muchos elementos culturales en su diseño y en los procesos de fabricación que se han llevado a cabo para producirlo. Algunos de estos elementos serán transparentes para el usuario, pero otros no. Para que el sistema funcione adecuadamente, el repertorio

cultural de los usuarios del automóvil tendrá que incluir al menos una parte de los contenidos incorporados por el diseñador y el fabricante, pero no necesariamente todos ellos ni solamente ellos. Los miembros de una sociedad pueden usar automóviles, aunque no sepan fabricarlos. E incluso pueden constituir con ellos sistemas técnicos con propiedades diferentes de las previstas por su diseñador. Por ejemplo, en un país pobre, un automóvil de turismo viejo, pero de gran potencia, puede utilizarse como camioneta de carga en vez de enviarlo al desguace.

Naturalmente, no todos los contenidos culturales son igualmente incorporables a cualquier sistema técnico, ni un mismo sistema técnico funciona igual en diferentes contextos culturales. Por ejemplo, cuando empezaron a difundirse las primeras lavadoras automáticas de uso doméstico, algunos usuarios tardaron en comprender la función del programador incorporado en las nuevas máquinas, y en vez de utilizarlo para seleccionar un programa preestablecido, tendían a usarlo como un sistema para dar manualmente sucesivas instrucciones a la máquina, a lo largo del proceso de lavado, de manera que en la práctica suprimían el carácter automático de las nuevas máquinas y reducían considerablemente sus prestaciones. El nuevo sistema necesitaba una cultura diferente por parte del usuario, una cultura en la que se incorporara la noción de *programa*, y otras relacionadas con ella, en el contexto de la tecnología doméstica.

Hay otros muchos fenómenos observables en los procesos de cambio técnico y de transferencia de tecnologías, que ponen de manifiesto la importancia de los contenidos culturales *incorporados* a los sistemas técnicos. Por ejemplo, se puede constatar en la historia de la técnica que prácticamente todas las innovaciones, por radicales que sean, se perciben al principio como variantes de sistemas técnicos preexistentes: las primeras máquinas de vapor se concebían como sustitutos de las ruedas hidráulicas o de las norias que se usaban para extraer el agua de las minas, los primeros automóviles se hicieron intentando empotrar los nuevos motores en la estructura de un carro de caballos, y los primeros ordenadores que se instalaron en las oficinas eran percibidos como un sustituto de las tradicionales máquinas de escribir, no como un poderoso instrumento de ayuda en todas las tareas de gestión, como se tiende a considerarlos ahora[9].

9. En la actualidad, los denodados esfuerzos por encajar la tecnología internet en los esquemas culturales de los medios tradicionales de información (televisión, multimedia) y comunicación (telefonía personal y empresarial) nos proporcionan una buena muestra de esta deriva «procustiana» (lo nuevo debe encajar en lo viejo) de la cultura tecnológica.

Son conocidos también los problemas encontrados en la transferencia de tecnologías avanzadas a países en vías de desarrollo. La mayoría de estos problemas derivan del *desfase cultural* entre el contexto en el que se desarrolló originariamente la tecnología y el nuevo contexto al que se transfiere. Este desfase puede afectar no sólo al nivel de conocimientos técnicos y de las habilidades de los usuarios, operarios y gestores del nuevo sistema, sino incluso a las preferencias y valoraciones respecto a los objetivos del sistema (véase informe ICPS [1992] para la UNESCO).

Esta noción de cultura tecnológica incorporada puede utilizarse para dar un contenido preciso a la idea de *flexibilidad interpretativa de los artefactos* que utiliza Bijker (1994) para explicar los procesos de configuración social de las tecnologías. Por ejemplo, los primeros modelos de bicicletas, según explica Bijker, eran interpretados como un instrumento para pasear plácidamente por algunos grupos de usuarios (las mujeres, entre otros), y como un artefacto deportivo y competitivo por otros. Las diferentes interpretaciones dan lugar también a valoraciones diferentes de las alternativas tecnológicas disponibles (los diversos modelos de bicicleta) y, finalmente, la *estabilización* de un determinado modelo se consigue cuando uno de los grupos sociales implicados logra imponer su interpretación (generalmente después de haberla modificado para permitir la *inclusión* de otros grupos en un único *marco tecnológico*). Es obvio que la noción de cultura tecnológica incorporada tiene mucho que ver con la «flexibilidad interpretativa de los artefactos». Sin embargo, deben tenerse en cuenta las siguientes diferencias y matices.

En primer lugar, lo que Bijker llama metafóricamente *interpretación* de un artefacto es en realidad, de acuerdo con nuestra teoría, una parte del *contenido cultural incorporado* a cada sistema técnico, a través de la cultura de sus usuarios u operadores. Este contenido cultural se puede analizar en sus tres componentes principales: *conocimientos o representaciones* del artefacto y de su contexto, *habilidades y reglas* de operación, y *preferencias o valoraciones* respecto a los objetivos y resultados del sistema. A partir de aquí, se puede definir de forma precisa el *contenido cultural incorporado a una clase de sistemas técnicos* (un modelo de bicicleta, por ejemplo) como el conjunto de contenidos culturales *compartidos* por todos los miembros de esa clase. En el modelo de Bijker, esto equivaldría a algo así como un *núcleo común* a todas las interpretaciones compatibles con el mismo artefacto, que habría que definir.

Una consecuencia de lo anterior es que el conjunto de los contenidos culturales (interpretaciones, en la terminología de Bijker) que

se pueden incorporar a un sistema técnico no es ilimitado: *existen restricciones impuestas por la propia estructura del sistema*. Es decir, aunque todos los artefactos admiten diferentes interpretaciones, no todas las interpretaciones lógicamente posibles son técnicamente compatibles con cualquier artefacto: una bicicleta se puede ver como un instrumento de paseo o de competición, pero no sería técnicamente viable una interpretación que viera en ella un instrumento para freír patatas, para escribir cartas o para asar manzanas. La razón de estas limitaciones no puede estar de nuevo en las condiciones sociales y culturales que contribuyen a configurar una tecnología, sino en la estructura interna del sistema técnico.

Por otra parte, la teoría de Bijker no deja lugar para analizar el diferente papel que en el desarrollo tecnológico desempeñan las *interpretaciones* que se incorporan a los sistemas técnicos y aquellas otras que permanecen fuera de ellos, pero que pueden tener una gran incidencia en su desarrollo y en su configuración social. Por ejemplo, la interpretación de las técnicas de control de la natalidad como «instrumentos del diablo» puede impedir su difusión (sin que para ello se tenga que convertir en una «alternativa tecnológica»), mientras que la extensión de la conciencia ecológica puede conducir a importantes innovaciones técnicas para sustituir los gases contaminantes de algunas industrias por otros más inocuos.

Finalmente, la distinción entre contenidos culturales o *interpretaciones* incorporadas y no incorporadas resulta un expediente útil para poder explicar los casos de interpretaciones alternativas (usos sociales distintos) de un mismo artefacto. Bijker explica este fenómeno a través del mecanismo de la «inclusión» de grupos de usuarios con interpretaciones diferentes en el paradigma dominante de un artefacto. En nuestro modelo, este fenómeno resulta completamente natural: sobre la base de un contenido cultural incorporado a un artefacto, que debe ser compartido por todos los grupos de usuarios, caben diferentes «culturas no incorporadas» que pueden ser características de cada grupo en particular. Podría entonces explicarse el éxito de un determinado modelo de artefacto o sistema técnico (por ejemplo, del modelo de bicicleta moderna que analiza Bijker: ruedas altas, con cámara de aire y transmisión por cadena) por su eficiencia intrínseca y su compatibilidad con un conjunto de elementos culturales (facilidad de comprensión y de uso, así como utilidad para el desplazamiento personal) ampliamente compartidos por muchos grupos sociales, cada uno de los cuales pudo además incluir el nuevo artefacto en su propio perfil cultural diferenciado (como deportista, como consumidor de modas, como trabajador que necesita un medio de transporte cómodo y ba-

rato, etc.). De ahí la importancia de los elementos de cultura tecnológica en sentido lato o no incorporados a sistemas técnicos.

### 3.2. *Cultura técnica en sentido lato*

En efecto, cabe hablar también de *contenidos técnico-culturales de la cultura de un grupo social no incorporados a ningún sistema técnico*. Los sistemas técnicos se desenvuelven en un contexto social más amplio, con el que interactúan de diferentes formas. En el contexto social de un sistema técnico puede haber individuos, que pueden o no ser agentes o usuarios del sistema, pero cuya cultura incluye representaciones, reglas y valoraciones de esos sistemas técnicos. Por ejemplo, pueden disponer de conocimientos científicos potencialmente aplicables al diseño y realización de sistemas técnicos, pueden tener una filosofía determinista de la técnica, o una concepción lineal y teleológica del desarrollo tecnológico, o pueden mantener una ideología antitecnológica o, por el contrario, tecnocrática; pueden tener ideas religiosas o morales acerca del valor de determinados objetivos técnicos (la fecundación in vitro, las centrales termoeléctricas, nucleares, etc.) o reglas de actuación que les prohíben usar determinadas técnicas (control de la natalidad, transfusión de sangre, por ejemplo) o representaciones ideológicas de algunas técnicas como elementos perversos o beneficiosos para la sociedad (por ejemplo, las distintas representaciones de los efectos de las innovaciones tecnológicas sobre el empleo, o del papel de las tecnologías de la comunicación en la organización democrática de la sociedad, etc.). En fin, pueden, simplemente, tener intereses o caprichos (valores económicos, políticos, estéticos, religiosos, etc.) a favor o en contra de una técnica o de todas las técnicas. Todos estos rasgos culturales pueden considerarse también parte de la *cultura técnica de un grupo social en sentido lato*, algunos de ellos pueden llegar a formar parte de la cultura técnica incorporada a alguna clase de sistemas técnicos, pero otros pueden ser parte importante de la cultura técnica, aunque nunca formen parte del contenido cultural de ningún sistema técnico propiamente dicho.

Las fronteras entre la cultura técnica incorporada y no incorporada no son fijas. El desarrollo y la difusión de las tecnologías tienen un doble efecto: por una parte, amplían el espectro de contenidos culturales que se incorporan a los sistemas técnicos; por otra parte, suscitan la aparición de nuevos rasgos técnico-culturales en sentido lato. Un ejemplo celebrado del primer tipo es la incorporación de algunos rasgos culturales de la sociedad japonesa a la organización de los procesos de producción en la industria del automóvil. Un ejemplo del segundo

tipo es la extensión al público en general de las controversias tecnológicas acerca de la idoneidad, el riesgo, el impacto ambiental o las consecuencias sociales de determinados sistemas o proyectos tecnológicos.

Existen límites objetivos en estos procesos de trasvase cultural. Hay rasgos culturales que no son compatibles con el funcionamiento de determinados sistemas técnicos: un testigo de Jehová no puede ser, por el momento, un cirujano eficiente; un operario analfabeto no puede manejar un sistema de control complicado, de la misma forma que un ciego, con la tecnología actualmente disponible, no puede conducir un automóvil. Y hay sistemas técnicos que no pueden difundirse en una sociedad en la que predominan determinados rasgos culturales: una elevada valoración de la organización jerárquica puede hacer inviable la introducción de nuevas técnicas de producción que dejan en manos del operario una buena parte de la gestión del sistema, los ingenieros de una factoría industrial no se pueden sustituir por chamanes de una tribu.

Uno de los grandes problemas a los que se enfrenta la reflexión sobre la historia de la técnica es precisamente comprender cómo los rasgos culturales característicos de diferentes sociedades se relacionan con las diferentes líneas de desarrollo tecnológico. Un caso especialmente llamativo es el de la distinta suerte que tuvieron en China y en Occidente algunos inventos muy significativos (la pólvora, la imprenta) cuyas potencialidades tecnológicas nunca se desarrollaron plenamente en la cultura que les dio origen. Otro caso llamativo, aunque en sentido contrario, es el del desarrollo de la tecnología de las armas de fuego en Japón: primero fueron aceptadas (siglo XVI) y llegó a desarrollarse una industria significativa, posteriormente fueron relegadas para preservar las armas y las técnicas militares propias de la cultura tradicional japonesa (siglo XVII); finalmente, fueron de nuevo incorporadas tras la apertura del Japón al exterior (1876) hasta desarrollar una potente industria militar que convirtió rápidamente a Japón en una potencia moderna en el primer tercio del siglo XX (Basalla, 1988).

Ante estos casos debemos preguntarnos cuál es realmente el papel de los elementos culturales en el desarrollo y difusión de las tecnologías. La cultura china hizo posible la invención de la pólvora y de la imprenta; pero no facilitó que estos inventos se desarrollaran y se difundieran como lo hicieron en Occidente. La cultura japonesa tradicional fue un obstáculo (a través de una decisión política) para la difusión de la tecnología de las armas de fuego occidentales; pero, tras otra decisión política, permitió posteriormente su rápida incorporación y su desarrollo. ¿Qué factores culturales jugaron en cada caso y cómo jugaron?

Una forma de contestar a estos interrogantes consiste en analizar con más detenimiento los mecanismos de trasvase de contenidos culturales desde los sistemas técnicos a los sistemas sociales, y a la inversa.

## 4. LA DINÁMICA DE LA CULTURA TÉCNICA

La cultura técnica de una sociedad en un momento dado se caracteriza por:

1. La *cultura técnica incorporada* a los sistemas técnicos de que dispone esa sociedad. Esto incluye:

*a) Componentes cognitivos*, representacionales o simbólicos: Conocimientos técnicos y científicos aplicados.

*b) Componentes prácticos u operacionales*: reglas de operación, habilidades técnicas de diseño, producción y uso de artefactos.

*c) Componentes valorativos*: objetivos incorporados a los sistemas técnicos y valoración de sus resultados, actitudes ante el riesgo, la incertidumbre, el cambio social necesario asociado a los diferentes sistemas técnicos, etcétera.

2. La *cultura técnica no incorporada* a sistemas técnicos, aunque referida a ellos o relevante para su producción, uso, etc. Esto incluye:

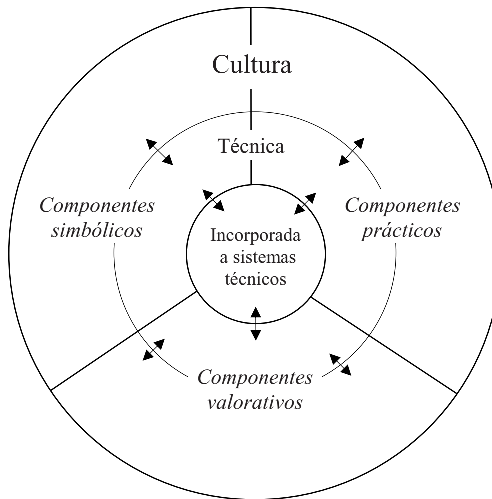
*a) Conocimientos básicos* (*científicos*, en el caso de la cultura tecnológica), no incorporados a sistemas técnicos, pero con potenciales aplicaciones técnicas. *Representaciones simbólicas* de la realidad, especialmente de los sistemas técnicos y sus relaciones con la sociedad. *Mitos tecnológicos* (o antitecnológicos, etcétera).

*b*) Reglas *de actuación* de carácter social, moral, religioso, político, económico, etc., que pueden ser significativas para el comportamiento relativo al uso y desarrollo de sistemas técnicos.

*c) Valores y preferencias significativas para el uso y desarrollo de sistemas técnicos*. Por ejemplo, la valoración de la vida puede tener incidencia en el desarrollo de las técnicas médicas, la preferencia por la estabilidad frente al cambio puede impedir las innovaciones tecnológicas, etcétera.

La cultura técnica cambia y evoluciona como el resto de la cultura: casi continuamente los individuos están creando y ensayando nuevos rasgos culturales, algunos de los cuales tienen éxito, se consolidan, se enseñan a otros miembros de la sociedad y son aprendidos (y posiblemente modificados) por éstos, etc. Lo específico de la dinámica de la cultura técnica es la importancia que en ella tiene el trasvase de contenidos culturales entre los sistemas técnicos y el resto de la cultura.

*Figura 1*: Componentes de la cultura técnica




Por ejemplo, muchos *mitos* ancestrales de la cultura occidental son el resultado de una transferencia de elementos culturales que se originan con el desarrollo de los sistemas técnicos y se generalizan al resto de la cultura en forma de mitos. El más significativo de éstos es el *mito de Prometeo* (castigado por haber entregado el fuego a los humanos y, con él, las artes y las técnicas industriales). Entre los mitos tecnológicos de la cultura moderna, uno de los más significativos es el de *Frankenstein*, muy ligado al desarrollo de las técnicas biomédicas, y al descubrimiento de las propiedades y fenómenos electromagnéticos.

Es conocida también la influencia de la *experiencia técnica artesanal* en el nacimiento de la ciencia moderna (Bacon, Galileo, etc.) y en las representaciones filosóficas de la cultura moderna: el hombre máquina de los cartesianos, por ejemplo.

La influencia de las *tecnologías más avanzadas* en la cultura actual es también fácil de percibir: la sociedad posindustrial, la sociedad de la información, del conocimiento, son representaciones de la realidad social inspiradas en las tecnologías de la comunicación y de la información (Mazlish, 1993).

La influencia de algunas *pautas de comportamiento* ligadas al funcionamiento de determinados sistemas técnicos sobre el resto de la sociedad también es bien conocida. Una de las más notables es seguramente la influencia que el reloj mecánico tuvo sobre la organiza-

ción de la vida de toda la sociedad occidental a partir de finales de la Edad Media (Mumford, 1934; Pacey, 1974). La idea de un tiempo uniforme y constante y de intervalos invariablemente iguales sólo se pudo extender a partir de la disponibilidad de relojes mecánicos con un nivel suficiente de precisión y fiabilidad. Hasta el siglo XIV, la vida social había podido funcionar con sistemas de medición del tiempo bastante imprecisos y dependientes de la duración variable del día y la noche, según la época del año. Podemos hacernos una idea de la magnitud del cambio cultural que esto ha supuesto si nos paramos a pensar cómo podría vivir una sociedad moderna actual si de repente dejaran de funcionar todos los relojes. El famoso *efecto 2000* de los ordenadores (la alteración de los calendarios internos de muchos grandes equipos informáticos que pasarían a contar el año 0 cuando llegara el año 2000) y los quebraderos de cabeza que dio durante meses, es un pálido reflejo de lo que podría ser nuestro mundo si dejara de funcionar la *cultura del tiempo uniforme* que se consagró con el uso de los primeros relojes mecánicos medievales.

Hay también *valores* de origen tecnológico que se han generalizado al resto de la cultura. Los ilustrados del siglo XVIII prácticamente hacían equivalentes las nociones de progreso técnico y de felicidad y progreso moral. Todavía hoy identificamos el bienestar como objetivo vital con el confort y la disponibilidad de artefactos tecnológicos eficaces y fiables. Pero esto requiere una atención especial. En la cultura tecnológica occidental hay dos valores que desempeñan un papel central. Se trata de los valores de *eficiencia* e *innovación*. En mi opinión, se trata de valores estrictamente técnicos cuya generalización al resto de la cultura ha contribuido a configurar el núcleo de lo que hoy se considera la cultura moderna occidental (Quintanilla, 1996) y son inseparables de la noción de progreso tecnológico.

## 5. FACTORES CULTURALES DEL CAMBIO TÉCNICO

A pesar de lo mucho que se ha avanzado en el conocimiento de los procesos de cambio técnico, estamos lejos todavía de disponer de una teoría comprensiva y suficientemente apoyada en datos empíricos. Pero el estudio de las dimensiones sociales de la tecnología nos permite hoy entender que los procesos de cambio técnico tienen una complejidad mucho mayor de la que se presupone.

Retomando los tres enfoques en el estudio de la tecnología que resumíamos en la Tabla 1, podemos ver que cada uno de ellos pone el énfasis en una de las dimensiones posibles del cambio técnico: los

procesos de invención, los de difusión y los de innovación social. En realidad, una teoría integral del cambio técnico debe tener en cuenta las tres dimensiones y su objetivo debe ser articular el conjunto de factores que intervienen en ese complejo proceso.

La Tabla 3 ofrece algunos ejemplos de la incidencia de los diferentes factores en las tres dimensiones del cambio técnico. Los factores culturales se han distribuido en tres grupos, según los tres componentes principales (cognitivo, práctico y valorativo) de la cultura técnica.

Desde luego, no existe un conjunto de condiciones sociales que garantice una elevada producción de invenciones técnicas viables. Pero sí se puede establecer que algunos factores culturales facilitan y otros dificultan la *aparición de nuevas ideas prácticas, útiles y eficientes*. Una sociedad con un elevado nivel de formación científica y técnica tendrá más posibilidades de diseñar nuevas aplicaciones técnicas del conocimiento disponible y de utilizar sus recursos cognitivos para resolver de forma innovadora problemas prácticos. Naturalmente, esto no es suficiente; pero mejora la situación si, además, se dispone de un buen repertorio de prácticas técnicas, y predominan en esa sociedad pautas de comportamiento y valores guiados por los principios de eficacia y eficiencia y, además, se trata de una cultura abierta a la novedad y en la que se valora la creatividad. En cualquier época histórica y ambiente social en los que se pueda localizar una elevada concentración de novedades técnicas, casi siempre encontraremos también una fuerte presencia de todos estos componentes culturales.

Los procesos de *innovación y difusión de las innovaciones* están más directamente condicionados por factores económicos y sociales que por los estrictamente culturales. Pero éstos también desempeñan un papel importante. En primer lugar, la velocidad y la intensidad de la difusión de las novedades tecnológicas depende en buena medida del acceso a la información por parte de los agentes involucrados en el cambio técnico, usuarios, tecnólogos, empresarios, etc. En una sociedad cerrada, con una cultura técnica basada en el secreto industrial, será más difícil la difusión de las innovaciones que en una sociedad en la que la información técnica pueda circular ampliamente[10]:

10. Una facilidad excesiva para la circulación de la información puede poner en peligro otros aspectos del proceso de cambio técnico, como la propia motivación de las empresas para financiar desarrollos tecnológicos originales. El sistema de patentes, a pesar de sus limitaciones, es, en principio, un buen instrumento para garantizar al mismo tiempo la circulación de información tecnológica y el interés económico por la innovación.

*Tabla 3:* Factores del cambio técnico

| | FACTORES CULTURALES | | | FACTORES SOCIALES E INSTITUCIONALES | FACTORES ECONÓMICOS |
|---|---|---|---|---|---|
| | Cognitivos | Prácticos | Valores | | |
| INVENCIONES | Formación científica y técnica | *Know how*<br>Prácticas eficientes | Eficacia<br>Eficiencia<br>Innovación | Instituciones y políticas de I+D<br>Patentes | Financiación de proyectos de I+D |
| DIFUSIÓN DE INNOVACIONES | Nivel y capacidad de comunicación y de acceso a la información | Hábitos de producción y consumo | Evaluación de riesgos y de impacto ambiental | Centros tecnológicos<br>Sistemas de homologación | Apoyo a la innovación en las empresas |
| CAMBIOS SOCIALES | Autorrepresentación de la sociedad<br>Mitos tecnológicos | Costumbres<br>Formas de vida | Evaluación de consecuencias sociales del desarrollo tecnológico | Políticas de formación<br>Instituciones de evaluación de tecnologías | Políticas industriales, financieras, etc. |

la mayor parte de las innovaciones técnicas surgen de la imitación y adaptación de otras innovaciones. En segundo lugar, algunas actitudes y pautas de comportamiento en relación con la producción y la distribución de bienes tecnológicos pueden también condicionar la difusión de innovaciones tecnológicas. Por ejemplo, la desconfianza hacia los productos industriales nacionales (o, por el contrario, hacia los extranjeros) puede dificultar o facilitar la difusión de innovaciones de uno u otro origen.

Y, por último, la influencia de determinados valores en relación con la seguridad, el riesgo, la alteración del medio ambiente, etc., pueden ser poderosos baluartes de resistencia ante determinadas innovaciones técnicas o, por el contrario, actuar como motores del cambio técnico. De hecho, uno de los fenómenos más característicos de la cultura tecnológica actual en los países más desarrollados consiste en la generalización de los debates públicos sobre la conveniencia o no de determinados proyectos tecnológicos que son percibidos como amenazas a la seguridad, la salud, el medio ambiente, etcétera.

En nuestro modelo, el *cambio social e institucional* es una dimensión inherente al cambio técnico. No se trata, desde luego, de volver a introducir el determinismo tecnológico, sino de reconocer, siguiendo el modelo de Pérez (1983) y Freeman y Pérez (1988), que el desarrollo tecnológico es inseparable del cambio social e institucional. Pues bien, también a este nivel hay una incidencia obvia de los factores culturales. En primer lugar, la propia idea que una sociedad tiene de sí misma y de la tecnología puede tener una influencia decisiva sobre el cambio técnico. Por ejemplo, una sociedad que se concibe a sí misma como algo fijo e inmutable no tendrá el mismo éxito para adoptar los cambios que acompañan al desarrollo tecnológico que otra que se considera abierta y mutable. Por otra parte, también sería útil analizar hasta qué punto los mitos tecnofóbicos de nuestra época (la «hipermáquina», la rebelión de las máquinas pensantes, etc.) condicionan las transformaciones sociales contemporáneas. Las costumbres, modas y formas de vida también son factores importantes a la hora de explicar determinados movimientos de adaptación y acompañamiento de la sociedad a los cambios tecnológicos. Como se puede constatar siguiendo los pasos de la Revolución Industrial de los siglos XVIII y XIX, la introducción de nuevas formas de utilizar las herramientas y máquinas en el proceso productivo, de nuevas relaciones laborales o de nuevas formas de gestión, no se produce igualmente en sociedades agrarias que en sociedades industriales. Y, por último, un cúmulo de valores morales, religiosos, políticos, etc., que afectan a los mecanismos de generación de consenso en torno a los grandes proyectos a largo plazo de una

sociedad, pueden tener repercusiones importantes en los procesos de innovación social y tecnológica a todos los niveles. Los debates sobre la tecnología militar durante los años de la guerra fría, o los actuales debates sobre las repercusiones a largo plazo de la ingeniería genética pueden ser importantes para la orientación del desarrollo tecnológico y la transformación de la sociedad.

Desde luego, junto a este amplio repertorio de factores culturales, no debe olvidarse, por una parte, la incidencia de los factores económicos y sociales y, por otra, la importancia de las propias trayectorias tecnológicas previas. Los cambios técnicos en un momento dado no son independientes de los que se han producido en momentos anteriores: por mucho espíritu innovador y creativo que haya en la cultura de una sociedad, pocas innovaciones tecnológicas podrán llevarse a cabo si el equipamiento tecnológico previamente acumulado es nulo o despreciable. Los procesos de innovación tienen una fuerte inercia o *impulso,* en terminología de Hughes (1987):

> En una sociedad con fuerte tradición innovadora, la tendencia a introducir innovaciones tecnológicas continuará mucho tiempo después de que hayan desaparecido las condiciones culturales, económicas y sociales que contribuyeron a dar los primeros pasos en la senda de la innovación. Y, al contrario, una sociedad sin tradición de innovación tecnológica tardará años y requerirá grandes esfuerzos hasta que consiga despegar en el camino de la innovación tecnológica.

Veamos este último punto con más detalle.

## 6. LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

En un sistema económico se producen continuos cambios de naturaleza muy diversa. Algunos de estos cambios tienen su origen en la variación del conocimiento disponible, bien sea por la creación de nuevos conocimientos, o por la asimilación de conocimientos previamente establecidos y su aplicación a la actividad económica. A los cambios que se introducen en la producción de riqueza o de bienestar social y que tienen su origen en la creación o asimilación de conocimientos y su aplicación los llamamos *innovaciones*. Así pues, en este contexto, entendemos por *innovación el proceso que consiste en crear o asimilar conocimientos y aplicarlos para generar riqueza o bienestar social de una forma nueva*. Podemos, por lo tanto, considerar la innovación como un tipo específico de actividad creativa: la que tiene por objeto la creación de riqueza o bienestar social.

En cualquier innovación se pueden distinguir dos momentos fundamentales: el *acceso al conocimiento* y su *transformación en riqueza* o bienestar. El acceso al conocimiento que da lugar a la innovación se puede dar a través de la *creación* de nuevos conocimientos, o a través de la *asimilación* de conocimientos creados o descubiertos por otros. Generalmente, los conocimientos que intervienen en los procesos de innovación son de dos tipos: representacionales (*saber qué*) y operacionales (*saber cómo*), y tienen diferentes grados de formalización, desde el nivel mínimo de los conocimientos tácitos, implícitos o informales hasta el nivel máximo de los conocimientos plenamente formalizados y explícitos que se codifican en lenguajes de carácter general o especializado, como el lenguaje científico.

La transformación del conocimiento en riqueza se produce a través de múltiples vías, definiendo así los diferentes tipos de innovación. Por ejemplo, la experiencia y el conocimiento gerencial pueden dar lugar a *innovaciones organizativas* en una empresa que permitan un uso más racional de sus recursos humanos o materiales, con el consiguiente aumento de la productividad y de la riqueza. Las innovaciones organizativas introducidas en el servicio público de salud o en el sistema de enseñanza obligatoria pueden mejorar el bienestar social. Un tipo de innovaciones de gran interés para las empresas son las que se derivan del conocimiento del mercado y consisten en la adaptación de la actividad de la empresa o de sus productos a las demandas de ese mercado. A este grupo pertenecen las *innovaciones comerciales,* que abarcan desde las novedades introducidas en la presentación o en la publicidad de un producto, hasta la apertura de nuevos puntos de venta o la invención de nuevos sistemas de comercialización, de financiación al cliente, etcétera.

En términos absolutos, la introducción de una innovación en un sistema económico significa que por primera vez se hace algo, con valor económico, que nunca antes se había hecho en ningún sitio. En la práctica conviene distinguir *innovaciones universales e innovaciones locales*, relativas a una determinada empresa, país, o sector. Por ejemplo, la sustitución de las cadenas de montaje por células integrales de producción es una innovación organizativa de carácter absoluto o universal, que se puede aplicar localmente a muchas fábricas diferentes. Cada vez que este cambio se introduce en una empresa concreta, se produce una innovación de carácter «local», relativa a esa empresa.

De todos los tipos de innovación empresarial, el único que nos interesa en este contexto es el que se denomina *innovación tecnológica*. Las innovaciones tecnológicas se caracterizan por lo siguiente: *a*) son innovaciones basadas en *conocimientos tecnológicos*; y *b*) tienen lu-

gar en la *producción* de bienes y servicios, bien sea porque consisten en la creación de un nuevo tipo de producto o servicio (*innovación de producto*), bien porque consisten en la introducción de una nueva forma de producir un producto o servicio ya existente (*innovación de proceso*).

Por consiguiente, definiremos la *innovación tecnológica como aquella que consiste en la generación de riqueza o bienestar social mediante la introducción en el sistema económico de nuevos productos, servicios o procesos de producción basados en la aplicación de conocimiento tecnológico*.

A lo largo de la evolución de la humanidad se han producido numerosas innovaciones técnicas. De hecho, utilizamos algunas de estas innovaciones para jalonar las etapas principales de esa evolución. *Uno de los rasgos específicos de la actividad económica actual es la importancia que han adquirido las innovaciones tecnológicas* (basadas en el conocimiento científico e implementadas en un contexto industrial) *como una de las fuentes principales de riqueza y bienestar*.

Durante años se ha pensado que la innovación tecnológica es un proceso lineal que empieza en la concepción de una nueva idea (la invención) y termina en la difusión social (comercialización) de un nuevo producto o proceso. Hoy sabemos que se trata de un proceso muy complejo, en el que aparecen realimentaciones continuas e interacciones con muchos factores de diferente naturaleza. Pero en todo caso se mantiene como elemento clave de la innovación tecnológica el hecho de que es inseparable de la producción o asimilación de *nuevos conocimientos tecnológicos* (es decir, de base científica y de carácter sistemático) y del diseño, ejecución, comercialización y difusión de *nuevos productos y procesos*.

Podemos distinguir *tres momentos principales* en el proceso de innovación tecnológica:

- La *concepción de la idea*, producto o proceso nuevo que se quiere introducir en el mercado.
- El *desarrollo* de esa idea para convertirla en un producto viable técnica, económica y socialmente.
- La *producción y difusión* del nuevo producto o proceso, resultado del desarrollo de la idea.

Todo el proceso de la innovación se desenvuelve en un doble contexto: el contexto tecnológico (caracterizado principalmente por los conocimientos tecnológicos disponibles más los generados en el propio proceso) y el contexto social (representado principalmente pero

no exclusivamente por el mercado). El proceso de innovación se ve influido por ambos contextos, de los que emanan flujos de información que condicionan, posibilitan y dirigen la innovación. Al mismo tiempo, el propio proceso está realimentado de manera que los resultados de cada etapa pueden repercutir en el resto y el conjunto del proceso modifica el propio contexto tecnológico, al que aporta nuevas técnicas, nuevos conocimientos, etc., y el contexto social, en el que aparecen nuevas necesidades, nuevas demandas y oportunidades.

Además de los flujos de información, hay otros procesos y factores de muy diverso tipo que influyen *causalmente* en la innovación. Por ejemplo, en una economía de subsistencia hay pocas probabilidades de que surjan ideas nuevas y menos aún de que las ideas nuevas se conviertan en productos viables. Así que resulta plausible pensar que un cierto nivel general de desarrollo económico y de división del trabajo puede favorecer la aparición de nuevas ideas que puedan dar lugar a innovaciones. De hecho, la existencia previa de excedentes, junto con la aparición de una mínima división social del trabajo que permita la especialización técnica, parece una constante de todos los procesos históricos de innovación. Ésta es, además, una condición que la innovación tecnológica comparte con cualquier proceso de innovación social: los habitantes de las cuevas de Altamira seguramente pudieron dedicar su tiempo y sus esfuerzos a pintar en las paredes gracias a los excedentes de una buena jornada de caza y a que otras tareas eran llevadas a cabo seguramente por otros miembros del clan. Otros factores (algunos de carácter cultural, como la vigencia de determinados valores, tales que la expectativa de obtener riqueza o bienestar; el «esfuerzo por ahorrar esfuerzo» en palabras de Ortega y Gasset [1939]), parecen también necesarios si queremos comprender adecuadamente la aparición de ideas que pueden dar lugar a innovaciones tecnológicas, a diferencia de las que conducen a otros procesos de innovación social.

El proceso de transformación de la idea inicial en un producto técnica, económica y socialmente viable es el núcleo esencial del proceso de innovación. De nuevo se pueden señalar múltiples factores que incidirán en este proceso. Por una parte, es preciso disponer de la capacidad técnica adecuada para diseñar el nuevo sistema, comprobar sus prestaciones, su fiabilidad, etc. Por otra parte, se requiere disponer de medios adecuados y suficientes, lo que a su vez puede depender de la cantidad de recursos disponibles en términos de capital, materias primas, fuerza de trabajo cualificada, etcétera.

Lo mismo cabe decir de la última fase de la innovación: la puesta en producción y la comercialización del nuevo sistema (producto, servicio o proceso). Intervienen aquí factores de ingeniería de

producción junto a estrategias financieras, campañas de *marketing*, creación de sistemas de asistencia técnica posventa, etc. Todo ello incide en la culminación con éxito o fracaso del proceso de innovación.

Por último hay que señalar que todo el proceso está fuertemente realimentado. La idea original sufre drásticas modificaciones a lo largo de las etapas de diseño y desarrollo, que a su vez se ve condicionado por las exigencias del proceso de producción o por los resultados de las investigaciones de mercado preliminares, etc. Y, finalmente, los propios contextos social y tecnológico se alteran de forma más o menos profunda como resultado de la innovación.

## 7. CULTURA TECNOLÓGICA E INNOVACIÓN

El conocimiento es una parte importante de la cultura. Por consiguiente, toda innovación tiene una importante dimensión cultural. Lo que nos interesa indagar, sin embargo, es cómo se articula el conjunto de elementos que constituyen la cultura de un país, una región, una empresa o cualquier otro grupo social y cómo influyen esos elementos culturales en el proceso de innovación tecnológica.

Para ello utilizaremos el modelo de cultura tecnológica que hemos elaborado en las páginas precedentes, distinguiendo entre cultura tecnológica *incorporada* y *no incorporada* a los sistemas técnicos.

Supongamos que tuviéramos definida la tasa de innovación tecnológica de un grupo social, en términos aceptables, como, por ejemplo, la cantidad de innovaciones que ese grupo ha producido en un lapso de tiempo, o el porcentaje de la riqueza generada que se debe a innovaciones tecnológicas, o alguna otra medida del nivel efectivo de innovación tecnológica alcanzado por el grupo. Nuestro problema será entonces indagar si esa medida del nivel de innovación correlaciona con algún conjunto de variables que representen el estado o la evolución de la cultura tecnológica de ese grupo social.

Una hipótesis intuitiva y plausible a primera vista es la que se articula en torno a los siguientes puntos:

- Para cualquier grupo social (empresa, país, región, etc.) su *nivel o tasa de innovación* depende de dos factores: su *capacidad de innovación* y su *propensión a innovar*.
- *La capacidad de innovación tecnológica* de un grupo social depende de las tecnologías que están disponibles para él, es decir, de la *cultura tecnológica incorporada* a sistemas técnicos que está integrada en la cultura del grupo.

- *La propensión a innovar en el ámbito de la tecnología* de un grupo social depende de determinadas representaciones, actitudes, valores y pautas de comportamiento referidas a la tecnología y los sistemas técnicos (*cultura tecnológica no incorporada*) que comparten los miembros del grupo.

Expliquemos brevemente el contenido de estas hipótesis. La primera es en realidad una hipótesis trivial. Sólo dice que el hecho de que un país o una empresa hayan alcanzado o puedan alcanzar un elevado grado de éxito en la innovación tecnológica, tiene que ver, por una parte, con la disponibilidad de recursos o capacidades para innovar y, por otra, con la decisión de usar efectivamente esa capacidad para realizar innovaciones tecnológicas. Ahora bien, podemos suponer que la capacidad de innovación es una variable acumulativa: cuanto más innovamos, más rápidamente aumentan nuestras capacidades para innovar. Ello se debe a dos hechos bien conocidos: el carácter acumulativo del desarrollo tecnológico (la producción de una innovación tecnológica puede abrir una nueva trayectoria de desarrollo tecnológico en la que proliferan las innovaciones) y el carácter integrable o composicional de muchas tecnologías (una innovación producida en un sector de la economía puede fertilizar otros muchos sectores, dando lugar a más innovaciones). Ahora bien, es evidente que no basta con poder innovar, es preciso, además, querer, es decir, procurar efectivamente usar las propias capacidades para producir nuevas innovaciones. Esto es lo que significa la «propensión» a innovar.

Naturalmente, tanto la capacidad como la propensión a innovar dependen de muchos factores. A lo largo de la historia de la humanidad se puede observar, por ejemplo, cómo las situaciones de presión extrema, como las que se producen en una guerra o en una crisis sanitaria, etc., con frecuencia contribuyen a incrementar la propensión a innovar y a veces incluso a mejorar las capacidades de innovación. Puede suceder que un grupo disponga de determinada tecnología, pero no de los medios materiales para iniciar el proceso de innovación, de manera que un cambio en la situación económica puede tener efectos sobre la capacidad efectiva de innovación o sobre la propensión a innovar (variando el umbral de riesgo que el grupo está dispuesto a asumir, por ejemplo).

Pero lo que a nosotros nos interesa señalar es que, dejando al margen otros factores que puedan ser relevantes, tanto la capacidad como la propensión a innovar dependen directamente de factores culturales. Esto es lo que concretamos en las hipótesis segunda y tercera.

La segunda hipótesis, en efecto, hace depender la capacidad tecnológica de las *tecnologías disponibles* e identifica éstas como la cultu-

ra tecnológica incorporada propia del grupo social en cuestión. Esto quiere decir que, para que podamos considerar que una tecnología forma parte del repertorio de capacidades tecnológicas de un grupo social, no basta con que el grupo posea o disponga de los sistemas tecnológicos basados en esa tecnología (no le basta con adquirir la maquinaria o los equipos basados en esa tecnología, por ejemplo), sino que es preciso que la cultura tecnológica del grupo se vea realmente ampliada con los contenidos culturales incorporados a esos equipos. Éstos son, como sabemos, por una parte y principalmente, las tecnologías correspondientes (los conocimientos tecnológicos que se han usado para diseñar, fabricar, etc., esos equipos o sistemas técnicos), pero también otros componentes culturales como las reglas de operación, los valores incorporados a esos sistemas, etc. Si se pudiera distinguir entre el *nivel de disponibilidad* de sistemas técnicos y el *nivel de asimilación cultural* de esos sistemas, lo que dice nuestra hipótesis segunda es que las capacidades tecnológicas de un grupo social (de una empresa, por ejemplo) residen en esto último, no en lo primero. Una empresa puede adquirir la más avanzada tecnología, pero eso no aumentará mucho su capacidad tecnológica para la innovación si no logra integrar adecuadamente esa tecnología en la cultura (conocimientos, hábitos y valores) de la empresa. Eso es lo que significa nuestra segunda hipótesis.

La tercera hipótesis es, si cabe, más intuitiva. Hace depender la *propensión a innovar* de determinadas representaciones, actitudes y valores compartidos por los miembros del grupo, actitudes y valores que corresponden a lo que hemos denominado *cultura tecnológica no incorporada*. El problema aquí reside en identificar cuáles son esas actitudes y valores, y cómo influyen positiva o negativamente en la propensión a innovar. Un ejemplo notable podría ser la *disposición a asumir riesgos*. Parece evidente que por debajo de un determinado umbral de riesgo, la propensión a innovar prácticamente desaparece: el innovador debe saber convivir con la incertidumbre y ser capaz de asumir el riesgo de fracasar. Sin embargo, por encima de un determinado umbral de riesgo, es posible que el esfuerzo racional por encontrar soluciones prácticas y eficientes a través de la tecnología también tienda a disminuir: si nos importa poco fracasar (porque valoramos poco lo que podemos perder, en caso de fracaso) tendremos mejor predisposición a embarcarnos en aventuras alocadas, pero no es probable que de ellas surjan innovaciones tecnológicas fiables y eficientes. Hay así algunas actitudes y valores que son especialmente relevantes para caracterizar la propensión a innovar. Por ejemplo estas cuatro: actitud en favor del *trabajo bien hecho* (es decir, valoración de la acción eficiente), valoración de la *creatividad*, *confianza* en la ciencia y la tecnología como

medio para resolver problemas prácticos o para generar riqueza y bienestar, actitud ante la *incertidumbre* o predisposición a la *asunción de riesgos*.

## 8. CONCLUSIONES

Se ha escrito mucho sobre técnica y cultura y existe un convencimiento, muy extendido, de que los factores culturales (o la dimensión cultural de la técnica) son decisivos para entender los fenómenos de desarrollo tecnológico. Sin embargo, no existe una teoría precisa y consistente de la cultura técnica que sea ampliamente compartida. Esta carencia se debe a la parcialidad de los enfoques teóricos sobre la técnica, especialmente en el campo de la filosofía y de las ciencias sociales. La consideración de la técnica como una forma de conocimiento (conocimiento práctico, ciencia aplicada, etc.) facilita la identificación de la técnica con la cultura, pero dificulta la percepción de las complejas dimensiones de la cultura técnica. Por otra parte, la concepción de la técnica como «artefactos socialmente construidos» sí permite reivindicar un papel importante para los factores culturales en el desarrollo técnico, pero al precio de reducir prácticamente todos los aspectos relevantes del cambio técnico a fenómenos sociales.

El marco conceptual que hemos propuesto se apoya en una noción rigurosa de sistema técnico y en el concepto científico de cultura, y aporta, como novedad, la distinción entre cultura tecnológica en sentido estricto y en sentido lato. En sentido estricto, la cultura tecnológica de un grupo social está formada por el conjunto de elementos culturales *incorporados* a los sistemas técnicos de que dispone ese grupo. Pero existen otros elementos *no incorporados* que también pueden formar parte de la cultura técnica de ese grupo. El trasvase de elementos culturales de ambos tipos y sus relaciones con el resto de la cultura constituyen uno de los mecanismos básicos para entender cómo los factores culturales influyen en el desarrollo de la técnica.

Una teoría adecuada de la dinámica de la técnica es también esencial para entender los procesos de la innovación. Éstos dependen de dos factores: la capacidad para la innovación y la propensión a innovar. En el caso de las innovaciones tecnológicas, el primer factor parece estar relacionado con la cultura tecnológica incorporada a los sistemas técnicos y el segundo con la cultura tecnológica en sentido amplio o no incorporada.

## BIBLIOGRAFÍA

Aibar, E. y Quintanilla, M. A. (2002), *Cultura tecnológica. Estudios de ciencia, tecnología y sociedad,* ICE Universidad de Barcelona/Horsori, Barcelona.

Basalla, G. (1988), *The Evolution of* Technology, Oxford University Press, Oxford (trad. esp.: *La evolución de la tecnología*, Crítica, Barcelona, 1991).

Bijker, W. (1994), *Of Bicycles, Bakelites and Bulbs. Steps Toward a Theory of Sociotechnical Change,* MIT Press, Cambridge (Mass.).

Bijker, W., Hughes, T. P. y Pinch, T. (eds.) (1987), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology,* MIT Press, Cambridge (Mass.).

Broncano, F. (1997), «Técnica y valores. El imperativo moral del ingeniero. Sociedad y Utopía»*: Revista de Ciencias Sociales*, 9 de mayo, 255-275.

Bunge, M. (1967), «Technology as Applied Science»: *Tecnology and Culture*, 7, 329-347.

Bunge, M. (1985), *Treatise on Basic Philosophy,* 7 vols., Reidel, Dordrecht.

Callon, M. (1986), *The Sociology of an Actor-Network: The Case of the Electric Vehicle,* en M. Callon, J. Law, A. Rip (eds.), *Mapping the Dynamics of Science and Technology: Sociology of Science in the Real World,* Macmillan, Basingstoke, 19-34.

COTEC (1998), *Informe sobre la Innovación Tecnológica en España,* Fundación COTEC, Madrid.

Dosi, G. *et al.* (eds.) (1988), *Technical Change and Economic Theory,* Pinter, London.

Freeman, C., Pérez, C. (1988), «Structural crises of adjustment: business cycles and investment behaviour», en G. Dosi *et al.* (eds.) (1988), 38-66.

Galbraith, J. K. (1967), *El nuevo Estado industria,* Ariel, Barcelona.

Hughes, T. P. (1983), *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930,* John Hopkins University Press, Baltimore.

Hughes, T. P. (1987), «The Evolution of Large Technological Systems», en W. Bijker, T. P. Hughes y T. Pinch (eds.) (1987), 51-82.

ICPS (International Council for Science Policy Studies) (1992): *Science and Technology in Developping Countries for the 90s. A Report to UNESCO*, Paris.

Latour, B. (1987), *Science in Action,* Harvard University Press, Cambridge, (trad. cast.: *Ciencia en acción,* Labor, Barcelona, 1992).

Mazlish, B. (1993), *The Fourth Discontinuity. The Co-evolution of Humans and Machines*, Yale University Press, New Haven.

Mitcham, C. (1994), *Thinking through Technology. The Path between Engineering and Philosophy*, University of Chicago Press, London/Chicago.

Mosterín, J. (1993), *Filosofía de la cultura*, Alianza, Madrid.

Mumford, L. (1934), *Technics and Civilization,* Harcourt, New York (trad. esp.: *Técnica y Civilización*, Alianza, Madrid, 1997).

Ortega y Gasset, J. (1939), *Meditación de la técnica*, Revista de Occidente, Madrid.

Pacey, A. (1974), *The Mace of Ingenuity. Ideas and Idealism in the Development of Technology,* Oxford University Press, Oxford (trad. esp.: *El laberinto del ingenio. Ideas e idealismo en el desarrollo de la tecnología*, Gustavo Gili, Barcelona, 1980).

Pacey, A. (1983), *The Culture of Technology,* Basil Blackwell, Oxford (trad. esp.: *La cultura de la tecnología*, FCE, México, 1990).

Pérez, C. (1983), «Structural change and the assimilation of new technologies in the economic and social system»: *Futures*, 15/5, 357-375.

Quintanilla, M. A. (1989), *Tecnología: Un enfoque filosófico*, Fundesco, Madrid.

Quintanilla, M. A. (1991), »El conocimiento operacional y el progreso técnico», ponencia en el Congreso Nacional de Filosofía, Jalapa, México, 1991, manuscrito.

Quintanilla, M. A. (1993-1994), *Seis conferencias sobre filosofía de la tecnología*: *Plural* (San Juan de Puerto Rico), 11-12.

Quintanilla, M. A. (1996), «The Incompletness of Technics», en G. Munévar (ed.), *Spanish Studies in the Philosophy of Science,* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. Ponencia presentada en el World Congress of Philosophy, Moscú, 1993.

Quintanilla, M. A. (2002), «Tecnología y cultura», en E. Aibar y M. Á. Quintanilla (2002).

Quintanilla, M. A. (2004), *Tecnología: Un enfoque filosófico. Y otros ensayos de filosofía de la tecnología,* FCE, México.

Rosenberg, N. (1982), *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge University Press, New York.

# TECNOLOGÍA Y CULTURA

*León Olivé*

## 1. EL CONCEPTO DE CULTURA

Uno de los significados del concepto de «cultura» relevante para el análisis de la relación entre tecnología y cultura, así como del concepto de «cultura tecnológica», es el de «información transmitida por aprendizaje social» (Mosterín, 1993). A diferencia de la información que se transmite por medio de los genes —la herencia en sentido biológico, que es un fenómeno que pertenece a la «natura»—, hay información que se transmite mediante mecanismos de aprendizaje social, y en ese caso estamos ante la «cultura». Como señala Mosterín, el aprendizaje social puede lograrse por medio de la imitación, como ocurre en muchas especies animales, incluyendo la humana. Pero la información también puede transmitirse por medio de lenguajes verbales y no verbales, y puede codificarse en diferentes medios —tablillas de arcilla, papeles, libros, revistas, discos magnéticos, servidores electrónicos—. Su transmisión puede hacerse por diferentes vías: oralmente, en persona frente a frente, o por medios como el teléfono; por escrito, privadamente, por correo ordinario o por correo electrónico; o públicamente, por medio de la prensa, de libros o de páginas de internet. En todos los casos, la información necesita ser recuperada e interpretada[1].

Hoy en día, se acepta ampliamente que los miembros de muchas especies animales utilizan herramientas y tienen sistemas de comunicación; es decir, transmiten información por medio del aprendizaje social, no únicamente por medio de los genes, y, así, hay cultura en muchas especies animales. Pero para autores como Mosterín lo que

1. Para una discusión más amplia del concepto de cultura, véase Sobrevilla (ed.) (1998).

distingue a las sociedades humanas de las de otros animales es que la transmisión de la información se da también, y cada vez más, por medio de lenguajes proposicionales utilizando medios de apoyo artificiales: la escritura convencional en papel o en medios informáticos que se transmite por internet; la escritura por medio de lenguajes de computación, de lenguajes matemáticos, etcétera.

Sobre la base de este concepto de cultura, otro filósofo español, Miguel Ángel Quintanilla —quien ha hecho notables contribuciones a la filosofía de la tecnología (cf. Quintanilla, 2005)—, ha abordado específicamente el tema de la «cultura tecnológica»[2]. Este autor destaca ciertos elementos que necesariamente están presentes en una cultura, y que en la cultura específica de cada grupo social tienen cierta organización: las representaciones, las reglas y normas de conducta, los valores, las formas de comunicación y las pautas de comportamiento aprendidas (no innatas) que caracterizan al grupo social en cuestión.

De acuerdo con el tipo de representaciones (creencias, teorías, modelos de aspectos del mundo), de instrucciones, reglas y normas, de valores y de formas de comunicación (por medio del lenguaje proposicional, por medio de lenguajes no verbales —por ejemplo, corporales—, de lenguajes visuales, pictóricos, etc.), es posible hablar de distintos tipos de culturas, por ejemplo, la artística, la religiosa, la política, la empresarial o la económica. Pero, a la vez, las representaciones específicas, las creencias, los valores, las normas, variarán de un grupo social a otro, aunque se trate del mismo tipo de prácticas. Por ejemplo, dos grupos humanos diferentes pueden desarrollar prácticas religiosas que compartirán ciertas características que las vuelven religiosas y no, digamos, mercantiles —tener alguna idea de lo sagrado y actitudes con respecto a ello—, pero las creencias y los valores específicos de unas y otras pueden ser distintos.

Adelante regresaremos sobre el concepto de «práctica social» y su relación con la cultura. Por ahora comentaremos los conceptos de «técnica», «artefacto» y «tecnología», así como de «sistemas técnicos» y «tecnológicos», todos ellos necesarios para el análisis del concepto de «cultura técnica».

## 2. SISTEMAS TÉCNICOS Y SISTEMAS TECNOLÓGICOS

Siguiendo a Miguel Ángel Quintanilla, podemos entender las *técnicas* como sistemas de conocimientos, habilidades y reglas que sirven para

2. Véase también el capítulo de M. A. Quintanilla en esta obra.

resolver problemas. Las técnicas se inventan, se comunican, se aprenden y se aplican. Por ejemplo, podemos hablar de un grabado hecho con la técnica de «punta seca», de técnicas para resolver sistemas de ecuaciones, de técnicas de propaganda a fin de ganar el mercado para un cierto producto, o de técnicas de lavado de cerebro para eliminar el pensamiento crítico y la disidencia en un cierto sistema político. Las técnicas, pues, necesariamente forman parte de la cultura.

Los *artefactos* son objetos que suelen ser el resultado de las transformaciones de otros objetos concretos mediante la operación de un sistema técnico (concepto que se elucida a continuación). Los artefactos se producen, se fabrican, se usan y se intercambian. Rara vez un ser humano deja de tener artefactos en su entorno: televisores, teléfonos, autobuses, ordenadores, aviones, etc., pero también pueden ser palos para defenderse o para cazar, y pieles de animales para protegerse del frío.

Ni las técnicas ni los artefactos existen al margen de las personas que los aplican o los usan con determinadas *intenciones*. Una piedra bruta no ha sido fabricada por nadie, no es un artefacto, pero puede ser usada como medio para pulir otra piedra, para romper una nuez o una cabeza. Cuando alguien la usa intencionalmente para transformar un objeto concreto y producir un artefacto, entonces se ha creado un sistema técnico.

Un *sistema técnico* consta de agentes intencionales (como mínimo, una persona que tiene alguna intención), de al menos un fin que los agentes pretenden lograr (cortar una fruta o intimidar a otra persona), de objetos que los agentes usan con propósitos determinados (la piedra que se utiliza instrumentalmente para lograr el fin de pulir otra piedra y fabricar un cuchillo), y por lo menos un objeto concreto que es transformado (la piedra que es pulida). El resultado de la operación del sistema técnico, el objeto que ha sido transformado intencionalmente por alguna persona, es un *artefacto* (el cuchillo).

Al plantearse sus fines, los agentes intencionales lo hacen contra un trasfondo de representaciones (creencias, teorías, modelos) y de valores. Alguien puede querer pulir una piedra porque *cree* que le servirá para cortar ciertos frutos. La piedra pulida es algo que el agente intencional considera *valiosa*. Los sistemas técnicos, entonces, también involucran *creencias* y *valores*.

De entre las diversas elucidaciones del concepto de *creencia*, asumiremos la concepción defendida por Luis Villoro —y que se remonta a Pierce— según la cual, una creencia es un estado disposicional adquirido que causa un conjunto coherente de respuestas y que está condicionado por un objeto o por una situación objetiva que ha sido aprehendida por el sujeto que tiene la creencia (Villoro, 1982, 71).

Si un sujeto S cree que *p*, debe haber una situación objetiva aprehendida por ese sujeto, a saber, aquella a la que se refiere la proposición que es objeto de su creencia (*p*). Pero S puede estar en lo cierto, o puede estar equivocado con respecto a *p*, pues puede ser que *p* no exista o no se dé en el mundo objetivo. La creencia implica la *responsabilidad epistémica* del sujeto de haber hecho un juicio y haber tomado la decisión de aceptarlo, es decir, la decisión de creer lo que se afirma con la proposición, o sea, que el hecho *p* forma parte del mundo (de su mundo) y que actuará como si el mundo fuera en efecto de esa manera. Por ejemplo, S puede creer que tiene agua frente a sí, cuando en realidad se trata sólo de un espejismo en virtud de una peculiar manera en que los rayos de luz se reflejan en la carretera. En este caso, S se equivocó al creer que *p* (que hay agua en la carretera), quizá a partir de la percepción (incorregible en el momento en que se tiene, pero que da lugar a un juicio que puede criticarse posteriormente) de que había agua adelante. Mediante el ejercicio de la razón y la ejecución de ciertas acciones, en muchas ocasiones podemos revalorar el juicio en cuestión y corregir nuestra creencia, por ejemplo, dándonos cuenta al acercarnos al lugar correspondiente y observar desde otras perspectivas, de que en realidad no hay agua en la carretera y de que se trataba de un espejismo.

Sobre la noción de *valor* siguiendo autores como Mario Bunge (y muchos otros) no supondremos que los valores existen por sí mismos, sino que sólo hay cosas, objetos, acciones, situaciones, relaciones, animales y gente, que ciertos *agentes consideran valiosas* (Bunge, 1996, 141). De una manera más técnica, podemos seguir la propuesta de Javier Echeverría de considerar los valores como funciones que se pueden aplicar sobre argumentos que pueden ser objetos, creencias, acciones, personas, sistemas, animales, artefactos, etc. (Echeverría, 2002). Esto significa que los valores no existen por sí mismos, independientemente de las acciones de evaluación por parte de los agentes. Los valores existen sólo cuando los agentes de una práctica (concepto que se elucida adelante) valoran algo en circunstancias específicas. Los valores tienen significado sólo cuando los agentes (individuales o colectivos) realizan la acción de evaluar. De otro modo tenemos sólo términos valorativos vacíos (belleza, elegancia, justicia, simplicidad, precisión, etc.). Pero, en cambio, en situaciones específicas decimos que tal acción de una persona fue injusta con otra, o que determinada demostración matemática es simple y elegante, que tal medición es sumamente imprecisa, o que un cierto sistema tecnológico es muy eficiente, etc. En resumen, no existe tal cosa como «el valor belleza», en abstracto, existen atardeceres hermosos, sinfonías

bellas y mujeres bonitas, siempre y cuando haya agentes que hagan tales apreciaciones.

Asumimos, entonces, una concepción relacional, según la cual el valor es una relación entre objetos o situaciones y personas, o entre personas. En virtud de determinadas características del objeto, la situación o la(s) otra(s) persona(s) son término de una actitud favorable de quien valora (positiva o negativamente). La persona que valora tiene una actitud, es decir, una disposición adquirida (no innata) a actuar de cierta manera, que se compone de una creencia en cuanto a las características del objeto, situación o persona en cuestión y, además, un elemento afectivo de agrado o desagrado, de atracción o repulsión, por aquello que se valora de forma positiva o negativa (cf. Villoro, 1997). El valor, por lo tanto, no es puramente objetivo (algo que pertenece sólo al objeto debido a sus características intrínsecas), ni algo puramente subjetivo (que pertenezca sólo a los sujetos que valoran, y que dependa sólo de sus creencias y afectos), sino que es una relación entre el objeto, la situación o la persona valorada, en virtud de características que posee, y el sujeto o los sujetos que valoran, quienes asumen determinadas actitudes con respecto al objeto valorado. Para que un valor exista, se requiere que se dé ese tipo de relación entre el objeto, la situación o la persona valorada, y la persona que valora (cf. también Frondizi, 1972).

Regresando a la noción de sistema técnico, conviene señalar que hoy en día éstos pueden ser muy complejos. Pensemos tan sólo en una planta nucleoeléctrica o en un sistema de salud preventiva en donde se utilizan vacunas. Estos sistemas, además de ser complejos de acciones, involucran conocimientos científicos, entre muchos otros elementos (de física atómica en un caso y de biología en el otro). Siguiendo la distinción propuesta por Quintanilla, llamaremos *tecnológicos* a los sistemas técnicos que involucran conocimientos de base científica y que se usan para «describir, explicar, diseñar, y aplicar soluciones técnicas a problemas prácticos de forma sistemática y racional» (Aibar y Quintanilla, 2002, 16). Desde este punto de vista, los sistemas tecnológicos son, pues, una subclase de los sistemas técnicos.

## 3. LOS SISTEMAS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICOS

Los sistemas técnicos son indispensables en toda sociedad humana. Los sistemas tecnológicos son propios de las sociedades industriales. Pero en el siglo XX surgió todavía otro tipo de sistema técnico, más complejo que el tecnológico, que parece ahora ser característico de la sociedad que presenta rasgos distintos a la sociedad industrial y que ha

venido llamándose «la sociedad del conocimiento» (concepto problemático sobre el que volveremos adelante): los sistemas «científico-tecnológicos», o los que algunos autores, como Echeverría (2003), llaman «tecnocientíficos».

En efecto, el desarrollo científico y tecnológico en el siglo XX, particularmente en su segunda mitad, estuvo marcado por el surgimiento y el crecimiento de ciertos sistemas donde no sólo están indisolublemente imbricadas la ciencia y la tecnología, sino que tienen formas de organización, de colaboración entre especialistas de diversas disciplinas, estructuras de recompensas y mecanismos de financiamiento y de evaluación, controles de calidad, normas y valores, muy diferentes a los de la ciencia y la tecnología como las hemos conocido tradicionalmente. Estos sistemas requieren el marco de ciertas instituciones y el concurso de diferentes grupos de científicos y de tecnólogos, así como de agentes capaces de realizar grandes inversiones económicas —como los Estados poderosos o grandes empresas—, por lo general, están ligados a intereses económicos y políticos, e incluso muchas veces a militares, y, además, son tan complejos que requieren de gestores especializados.

Algunos ejemplos paradigmáticos de esos sistemas los encontramos en la investigación nuclear, en la espacial, en la biotecnología, en la informática y en el desarrollo de las redes telemáticas. Suele mencionarse el Proyecto Manhattan, la construcción de la bomba atómica, como uno de los primeros grandes proyectos tecnocientíficos del siglo XX, que respondió desde luego a intereses militares, y que no podía haberse llevado a cabo sin la participación de complejos equipos de científicos, de tecnólogos, de gestores y, desde luego, sin un gran financiamiento. No cabe duda de que entre los ejemplos de tecnociencia que hoy en día más acaparan la atención pública y atraen los mayores intereses económicos y militares, se encuentran la investigación genómica y la proteómica, la ingeniería genética, la biotecnología en general y la nanotecnología.

Javier Echeverría, apoyándose en la concepción de sistema técnico de Quintanilla, ha propuesto la siguiente caracterización de los *sistemas tecnocientíficos*: se trata de sistemas de acciones intencionales que se guían por creencias, normas valores y reglas, que están vinculados a sistemas de información, que cuentan con una base científica y tecnológica, y están ligados a sistemas e instituciones de investigación, pero también a otras organizaciones políticas, económicas, empresariales y muchas veces militares. Dichas acciones son llevadas a cabo por agentes, con ayuda de instrumentos, y están intencionalmente orientadas a la transformación de otros sistemas con el fin de

conseguir resultados que los agentes consideran valiosos, y que al aplicarse, producen resultados que afectan positiva o negativamente a la sociedad y al ambiente (Echeverría, 2003).

Como los sistemas técnicos y tecnológicos, los tecnocientíficos están orientados hacia la obtención de ciertos fines, para lograr los cuales se utilizan determinados medios. Un grupo de científicos y de empresarios, por ejemplo, puede proponerse la producción de una nueva vacuna para comercializarla, o puede plantearse la producción de órganos humanos con fines terapéuticos mediante técnicas de clonación. Los sistemas tecnocientíficos, como todos los sistemas técnicos, incluyen entonces agentes que tienen creencias y valores. Además, incluyen, los objetos que los agentes usan con propósitos determinados (por ejemplo, instrumentos utilizados para modificar genes y producir así organismos con determinadas características fenotípicas). Asimismo los sistemas tecnocientíficos contienen al menos un objeto concreto que es transformado (los genes que son modificados). El resultado de la operación del sistema tecnocientífico, el objeto que ha sido transformado intencionalmente por alguien, es un artefacto (por ejemplo, un organismo genéticamente modificado o un animal clonado, como la oveja Dolly). Tanto los fines que se persiguen, los medios que se utilizan, como las intenciones bajo las cuales opera un sistema tecnocientífico y los resultados que, de hecho, se obtienen, son susceptibles de evaluación. Ésta puede ser realizada tanto por los agentes del mismo sistema como por otros agentes desde un punto de vista externo al sistema tecnocientífico, por ejemplo, instituciones académicas o grupos de ciudadanos. Estas evaluaciones son de primera importancia y deben constituir una de las metas que habría que impulsar como parte del desarrollo de la cultura científico-tecnológica.

Una hipótesis razonable es que los sistemas tecnocientíficos se encuentran en los orígenes de la revolución que estamos viviendo en las formas de producir conocimiento, de almacenarlo y de distribuirlo —que se inició a mediados del siglo XX— y que abrieron la posibilidad del tránsito a la llamada «sociedad del conocimiento». Hoy en día, la comprensión del impacto de la tecnología en la cultura y en la sociedad en general, así como de la cultura tecnológica misma, de las formas de fortalecerla y desarrollarla al tiempo que se vigilan y encauzan apropiadamente los efectos sociales, culturales y ambientales de la tecnología, requieren que la reflexión se lleve a cabo con la vista en el horizonte de los cambios tecnológicos y sociales producidos por la revolución tecnocientífica.

Al analizar la relación entre tecnología y cultura en los países iberoamericanos es particularmente importante considerar su rica diver-

sidad cultural. El desarrollo científico-tecnológico debería implicar un crecimiento de la cultura científico-tecnológica, lo cual a la vez debería significar el establecimiento de maneras de organizar la sociedad para que todos los grupos sociales, pueblos y culturas aprovechen adecuadamente las nuevas formas de producir y aplicar el conocimiento, particularmente, mediante sistemas tecnológicos y científico-tecnológicos. Pero no debería perderse de vista que esto tendría que hacerse dentro de marcos de respeto a esa diversidad cultural y de justicia social —entendida como la garantía de que todos los miembros de la sociedad tienen la posibilidad de realizar sus capacidades y planes de vida, y al mismo tiempo satisfacen sus legítimas necesidades básicas, de acuerdo con la definición de ellas que hagan los mismos interesados y por medios aceptables para ellos.

## 4. EL CONCEPTO DE «SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO»

Hemos hecho referencia al concepto de «sociedad del conocimiento» que ha venido utilizándose en tiempos recientes de manera cada vez más generalizada. Pero se trata de un concepto que tiene múltiples significados y su uso no deja de ser controvertido. De hecho, es un concepto que suele despertar desconfianza entre muchas personas, particularmente entre quienes son filosóficamente sensibles. ¿Acaso no es el conocimiento indispensable en toda sociedad humana? ¿Acaso puede sobrevivir una persona o una sociedad por un cierto tiempo, cualquiera que sea su ambiente, sin cierto tipo de conocimiento? En ese sentido, toda sociedad humana es una sociedad *de* conocimiento.

Sin embargo, como hemos insistido, no puede dejar de reconocerse que en la segunda mitad del siglo XX se dieron cambios que han resultado en un entorno social con rasgos distintos a la sociedad industrial que se desarrolló hasta mediados del siglo pasado. Más allá del término que se utilice, necesitamos un concepto para referirnos a esos cambios y al entorno social que se ha venido perfilando. El concepto de «sociedad del conocimiento» se refiere a muchos de esos rasgos novedosos en la historia humana y así ha adquirido sus propias credenciales. Los fenómenos y las características que trata de capturar el concepto constituyen el entorno que es indispensable considerar hoy en día al reflexionar sobre la relación entre tecnología y cultura, razón por la cual nos detendremos con algún detalle en estos problemas.

Las acepciones más comunes del concepto de «sociedad del conocimiento» se refieren a fenómenos como el incremento espectacular del ritmo de creación, acumulación, distribución y aprovechamiento de la información y del conocimiento, así como al desarrollo de

las tecnologías que lo han hecho posible, entre ellas, de manera importante —aunque no únicamente—, las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC), que en buena medida han desplazado a las tecnologías manufactureras. Se refiere también a las transformaciones en las relaciones sociales, económicas y culturales debidas a las aplicaciones del conocimiento y al impacto de dichas tecnologías. Entre ellas se encuentra un desplazamiento de los conocimientos hacia un lugar central como medios de producción y, por tanto, a una creciente importancia de las personas altamente cualificadas en cuanto a sus habilidades y conocimientos como insumos en la producción de bienes y servicios, a grado tal que en algunos procesos son mucho más relevantes que los recursos naturales. Por esta razón, los conocimientos, como nunca antes —sobre todo los científicos y tecnológicos— incorporados en las prácticas personales y colectivas, y que se almacenan en diferentes medios, especialmente los informáticos, se han vuelto fuentes de riqueza y de poder. Pero esto no significa que los recursos naturales dejen de ser importantes ni cultural ni económicamente. Las tecnologías para extraerlos y transformarlos siguen siendo tan importantes como siempre, y el acceso a las materias primas y la posibilidad de su control explican en buena medida muchos de los conflictos políticos y militares de los tiempos recientes. Por ejemplo, los conflictos en Bolivia por el control de la explotación del gas natural, o del petróleo en Irak.

El conocimiento se crea, se acumula, se difunde, se distribuye y se aprovecha. Pero ahora ya no todo el conocimiento está disponible para su apropiación pública, como había sido tradicionalmente con el conocimiento científico moderno, sino que una buena parte de él se compra y se vende entre particulares. Precisamente, parte de la novedad en la sociedad del conocimiento es que se han creado mercados de conocimiento. La apropiación privada del conocimiento y su intercambio como mercancía, particularmente del conocimiento científico, es algo inédito en la historia, pero, más aún, entre los rasgos de esta nueva sociedad se encuentra el de la apropiación privada y la comercialización de saberes tradicionales, de conocimientos técnicos que eran propiedad colectiva de ciertos grupos humanos, por ejemplo, conocimientos medicinales de algunos pueblos tradicionales, que son apropiados y patentados por empresas privadas para comercializar productos tecnológicos en cuya elaboración se utilizan esos saberes.

El concepto de «sociedad del conocimiento» es ahora ampliamente utilizado por Gobiernos y organismos internacionales, por responsables de políticas económicas, educativas, culturales y científico-tecnológicas, así como en los círculos empresariales, pero se ha insis-

tido en que todavía no existe una sociedad del conocimiento en sentido pleno, sino que el concepto se refiere más bien a un modelo de sociedad que está en construcción. Están en construcción tanto el modelo como la sociedad misma.

Por eso, uno de los temas discutidos con mayor frecuencia es el de «Cómo debe un país prepararse para transitar a la sociedad del conocimiento». ¿Cuáles son las transformaciones que se requieren en su sistema educativo, en sus políticas sobre ciencia, tecnología e innovación, y en sus políticas públicas en general, así como los cambios culturales que necesitaría para organizarse como una sociedad del conocimiento y beneficiarse de sus ventajas? Para responder este tipo de preguntas es necesario analizar el impacto de la tecnología en las creencias, representaciones, valores y normas, así como en las formas de vida de la gente, es decir, el impacto de la tecnología en la cultura, por una parte, y, por la otra, aclarar qué puede entenderse por «cultura tecnológica» y por «cultura científico-tecnológica», y cómo deberían fortalecerse éstas si la sociedad ha de ser una sociedad justa.

Como preámbulo para esos estudios, comencemos por aclarar algunas cuestiones sobre el valor del conocimiento, sobre los conceptos de «sociedad de la información» y «sociedad del conocimiento», y muy especialmente sobre el sentido de la cultura tecnológica y científico-tecnológica en el contexto de los países iberoamericanos.

## 5. EL VALOR DEL CONOCIMIENTO

Hemos sugerido ya que el conocimiento es constitutivo de toda sociedad y que es valioso en las sociedades humanas porque las ha permitido organizarse, desarrollarse y aprovechar adecuadamente lo que les ofrece su ambiente. Sin embargo, hay ciertas características y algunos fenómenos que se han desarrollado en las últimas décadas que justifican la adopción de un nuevo concepto de sociedad («sociedad del conocimiento»), porque se han dado importantes transformaciones sociales y culturales a partir de acelerados cambios concernientes al conocimiento científico-tecnológico: en las formas de generarlo, almacenarlo, distribuirlo, apropiarlo, aprovecharlo y usufructuarlo.

A veces se piensa que en esta nueva sociedad el conocimiento tiene valor exclusivamente en términos económicos, y se materializa sólo en los intercambios dentro del mercado. Si bien es cierto que una de las características de esta sociedad es el surgimiento de mercados de conocimientos, este reduccionismo economicista es insuficiente para comprender el valor del conocimiento y las formas en las que se realiza, pues el conocimiento adquiere valor de muchas maneras.

En general, el conocimiento es valioso porque orienta las decisiones y acciones humanas, y porque permite el aprovechamiento exitoso de recursos presentes en el ambiente, de acuerdo con ciertos fines y valores. Pero como bien lo ha subrayado Javier Echeverría, el conocimiento puede incorporarse también en objetos, procesos y prácticas, algunos de los cuales pueden intercambiarse en un mercado, como las obras de arte, pero otros no, o no tan fácilmente, como los que tienen que ver con en el cuidado, la preservación o la restauración del ambiente.

Hasta mediados del siglo XX, el conocimiento científico circuló, se publicó y se intercambió por fuera de los mercados, y en gran medida esto continúa siendo así, aunque, ciertamente, han aparecido mercados de conocimiento científico, particularmente cuando éste se liga a la tecnología, es decir, cuando se trata de conocimientos científico-tecnológicos. Son entonces los conocimientos incorporados en los sistemas tecnológicos y sus resultados los que adquieren un valor en el mercado. Pero conviene no olvidar que el conocimiento puede ser valioso por muchas otras razones, que pueden ser estrictamente epistémicas —como insistían, por ejemplo, los pragmatistas clásicos, porque apacigua la ansiedad que genera la ignorancia—, y también por razones estéticas, éticas, históricas, culturales o sociales.

Una primera conclusión parcial que podemos obtener, entonces, es que sería un error pensar que el tránsito hacia una sociedad del conocimiento y que el fortalecimiento de una cultura tecnológica significa sólo orientar las prácticas y las instituciones humanas hacia la generación de conocimiento que pueda adquirir un valor comercial, e inducir a la gente al consumo de los artefactos producidos por los sistemas científico-tecnológicos. Lo importante es que el conocimiento sea valorado y efectivamente aprovechado por los diferentes grupos sociales en función de sus intereses. Éste es uno de los problemas que debemos tener en mente al intentar fortalecer la cultura tecnológica y al vigilar las consecuencias de la tecnología en la cultura en sentido amplio. Más culto será un grupo social, tecnológicamente hablando, cuanta mayor capacidad tenga para aprovechar críticamente los sistemas tecnológicos y tecnocientíficos para la resolución de sus problemas.

En suma, el concepto de «sociedad del conocimiento» suele reducirse en muchas ocasiones —como ocurre frecuentemente en los discurso políticos y en círculos económicos y empresariales— al de «sociedades cuyas economías están basadas en el conocimiento», donde la generación de riqueza se basa sobre todo en el trabajo intelectual altamente cualificado, más que en el manual de baja o mediana

cualificación. Los sistemas más productivos desde este punto de vista son, entonces, los sistemas tecnocientíficos, basados en prácticas tecnocientíficas. Por ejemplo, las empresas biotecnológicas, informáticas, de nanotecnología, etc., son típicas de estas economías, a diferencia de las industrias transformadoras de materias primas, las industrias petroleras, por ejemplo.

Pero el significado del concepto de sociedad del conocimiento puede ampliarse de una manera especialmente interesante para países como los de América Latina, si, además del sentido antes mencionado, se incluyen también las siguientes consideraciones: en primer lugar, que una sociedad del conocimiento es una cuyos miembros tienen la capacidad de: *a*) apropiarse del conocimiento disponible y generado en cualquier parte, *b*) aprovechar de la mejor manera el conocimiento que esa misma sociedad ha producido históricamente, incluyendo conocimiento científico, tecnológico y conocimientos tradicionales, y *c*) generar por ella misma el conocimiento que le haga falta para comprender mejor sus problemas (educativos, económicos, de salud, sociales, ambientales, etc.), para proponer soluciones y para realizar acciones a fin de resolverlos efectivamente. En segundo lugar, pero de manera muy importante, el concepto de sociedad del conocimiento debería incluir estas tres características: que la sociedad sea justa, democrática y plural. Esto significa, como ya adelantamos antes, que contenga los mecanismos necesarios para que todos sus miembros satisfagan al menos sus necesidades básicas, y desarrollen sus capacidades y planes de vida (justicia), de manera aceptable de acuerdo con su cultura específica (pluralidad), y mediante una participación efectiva de representantes legítimos de todos los grupos sociales involucrados y afectados en la formulación de los problemas y en la toma de decisiones para implementar soluciones (democracia participativa)[3].

## 6. «SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO» Y «SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN»

No siempre se establece una clara distinción entre los conceptos de «sociedad del conocimiento» y «sociedad de la información». Un neutrino procedente del centro del Sol es un portador de información acerca de estados internos de la estrella. La información está constituida por datos que representan estados del mundo. La información se acumula, se transmite y puede utilizarse. Y si bien no existen «datos en sí mismos», ni «información en sí misma», sino que los datos —y la

3. Para un desarrollo de estas ideas, véase Olivé (2007).

información en general— siempre los son al menos para un potencial intérprete y usuario, la información se vuelve valiosa sólo cuando intervienen agentes intencionales que valoran esa información y la incorporan a su acervo de conocimiento, con lo cual resultan afectadas tanto su visión del mundo como sus capacidades para la acción y en especial para la transformación de su entorno.

La información por sí misma, se ha dicho muchas veces, no constituye conocimiento, pero puede contribuir a que ciertas representaciones del mundo constituyan conocimiento y, en muchas ocasiones, determinada información es necesaria para que ciertos conocimientos sean posibles. Esto ocurre cuando la información es valorada por ciertos agentes epistémicos, y se incorpora al conjunto de representaciones que guían y condicionan las acciones de tales agentes, quienes tienen ciertas creencias, es decir, tienen al mundo como siendo de cierta manera y se proponen transformarlo (incluyendo su entorno y ellos mismos) y, además, dichos agentes cuentan con una adecuada justificación para tener tales creencias. Así, la información en cuestión es incorporada a ciertas representaciones que constituyen *conocimiento*.

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) se han desarrollado aceleradamente en las últimas décadas, permitiendo formas y capacidades inéditas para generar, almacenar, transmitir y distribuir información, y han provocado cambios muy importantes en las relaciones sociales, en las formas de trabajo, en la economía y la política y en la vida cotidiana, por tanto, en la cultura en general. Las TIC han sido una condición necesaria para el desarrollo de la sociedad del conocimiento, pero, como hemos visto, el concepto de «sociedad del conocimiento» se refiere a fenómenos mucho más amplios y complejos que no los únicamente asociados a dichas tecnologías.

## 7. LA CULTURA INCORPORADA Y LA CULTURA NO INCORPORADA A LOS SISTEMAS TÉCNICOS

Hechas las anteriores aclaraciones sobre el contexto en el que conviene pensar ahora la relación entre tecnología y cultura, volvamos al análisis de la *cultura técnica*. Quintanilla aclara que puede tener al menos dos acepciones: por un lado, la del conjunto de técnicas de que dispone un grupo social, en el sentido de habilidades, reglas y conocimientos prácticos para obtener ciertos fines y para transformar objetos, por ejemplo, técnicas de agricultura; y, por el otro, la del conjunto de representaciones, reglas, normas y valores relacionados con las técnicas —por ejemplo, ideas (correctas o no) sobre la bondad o la maldad de la biotecnología.

Cuando pensamos, entonces, en la cultura técnica, en la cultura tecnológica o en la cultura científico-tecnológica de un país, deberíamos considerar esa doble dimensión. Pero es claro que las representaciones y las evaluaciones que tengan y hagan los diferentes grupos sociales sobre los sistemas técnicos, tecnológicos y científico-tecnológicos pueden variar ampliamente, lo cual se agudiza en los países culturalmente diversos. Esto plantea problemas sobre los que es necesario reflexionar a fondo. Por ejemplo: ¿Qué significa desarrollar la cultura tecnológica y tecnocientífica en el caso de los países de América Latina y, particularmente, de sus pueblos indígenas?

Para profundizar sobre este tipo de problemas conviene recurrir a la distinción que propone Quintanilla entre la «cultura incorporada» a un sistema técnico y la «cultura *no* incorporada».

> La *cultura tecnológica incorporada* a un sistema técnico está formada por el conjunto de creencias o conocimientos, hábitos y valores que los operadores de un sistema técnico necesitan tener para que éste funcione de forma adecuada. La cultura tecnológica de un grupo social (un país, una empresa, etc.) en sentido estricto o restringido se puede definir como el conjunto de todos los rasgos culturales incorporados a los sistemas técnicos de que dispone: incluye, por lo tanto, el nivel de formación y entrenamiento de sus miembros en el uso o diseño de esas tecnologías, pero también la asimilación de los objetivos de esas tecnologías como valores deseables, etcétera.
>
> La *cultura tecnológica no incorporada* a sistemas técnicos está formada por el conjunto de rasgos culturales que se refieren o se relacionan con la tecnología, pero que no están incorporados a sistemas técnicos concretos, bien sea porque no son compatibles con las tecnologías disponibles, o porque no son necesarios para ellas, etc. Por ejemplo, un buen conductor de automóviles necesita determinados conocimientos sobre la mecánica del automóvil, un cierto nivel de entrenamiento en la práctica de conducir y una cierta interiorización de valores que representan las normas de tráfico (respetar la prioridad en los cruces, etc.). Todo esto constituye una parte de la cultura incorporada a la tecnología del automóvil de nuestros días. Pero, además de eso, el conductor puede tener determinadas creencias (acertadas o no) sobre el efecto contaminante de los motores de combustión interna, puede tener ciertas pautas de comportamiento en relación con el transporte individual y determinados valores referidos a la necesidad de preservar de la contaminación el centro histórico de las ciudades. Todos estos rasgos forman parte de una cultura tecnológica, en la medida en que afectan al uso, diseño y difusión de determinadas tecnologías, pero pueden no estar incorporados, por el momento, a ningún sistema técnico concreto (Quintanilla, 2005, 277).

Puesto que los sistemas tecnocientíficos son una subclase de los sistemas técnicos, es posible aplicar esta idea para el caso de la «cultura tecnocientífica», que estaría constituida, por una parte, por los conjuntos de representaciones (creencias, conocimientos, teorías, modelos), de normas, reglas, valores y pautas de conducta que tienen los agentes de los sistemas tecnocientíficos, y que son indispensables para que funcione el sistema; y por otra, la cultura tecnocientífica de una sociedad estaría formada por los conjuntos de esos mismos elementos que son relevantes para la comprensión, la evaluación, y las posibilidades de aprovechamiento de la tecnociencia por parte de esa sociedad. Es decir, se trata del conjunto de elementos que conforman las actitudes sobre los sistemas científico-tecnológicos y sus consecuencias.

Como señala Quintanilla, la distinción es relevante, por ejemplo, para comprender que si una empresa desea adoptar una nueva tecnología, es indispensable que su personal tenga la preparación técnica adecuada para operarla, so pena de fracaso. Pero también puede haber un fracaso debido; no a la falta de «cultura tecnológica incorporada» —pues los operarios pueden saber perfectamente cómo funciona la «nueva tecnología»—, sino, precisamente, a la no incorporada, por ejemplo, a que los operarios crean (con razón o sin ella) que los productos afectarán negativamente a la salud humana o al ambiente, y tengan valores ecológicos que les induzcan a rechazar la tecnología en cuestión. Se trata, pues, de factores culturales que pueden afectar la adopción, el desarrollo y el éxito en la aplicación, uso y aprovechamiento de una cierta tecnología.

Pero igualmente puede ocurrir que, aunque un cierto grupo social tenga la capacidad de incorporar el conocimiento necesario para operar un determinado sistema técnico, no considere deseables ni los fines que se persiguen con su operación, ni los medios para lograrlos, por lo cual rechace su uso. El destino de una tecnología, o más precisamente, de un sistema tecnológico en relación con un cierto grupo social depende en buena medida de la cultura tecnológica no incorporada en ese grupo.

## 8. PRÁCTICAS SOCIALES Y PRÁCTICAS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS

La idea de cultura (técnica, tecnológica y tecnocientífica) que hemos comentado puede combinarse con otro concepto que, si bien tiene una larga tradición en el pensamiento occidental, ha adquirido una singular relevancia en tiempos recientes: el concepto de «práctica». Revisemos este concepto para obtener algunas conclusiones acerca de qué convendría vigilar al proponerse fortalecer la cultura técnica,

la tecnológica y la tecnocientífica, en los países iberoamericanos y, al mismo tiempo, controlar y encauzar los efectos de los sistemas tecnológicos y científico-tecnológicos en la sociedad y la cultura[4].

Una práctica social será entendida como un sistema dinámico que incluye al menos los siguientes elementos, los cuales se subrayan aquí para propósitos analíticos, pero que deben verse como íntimamente relacionados e interactuando entre sí.

*a*) Un conjunto de *agentes* con capacidades y con propósitos comunes. Una práctica siempre incluye un colectivo de agentes que coordinadamente interactúan entre sí y tienen transacciones con el medio. Por tanto, en las prácticas, los agentes siempre se proponen tareas colectivas y coordinadas.

*b*) Un *medio* del cual forma parte la práctica, y en donde los agentes tienen transacciones con los objetos e interactúan con otros agentes.

*c*) Un conjunto de objetos (incluyendo otros seres vivos) que forman también parte del medio.

*d*) Un conjunto de *acciones* que están estructuradas. Las acciones involucran intenciones, propósitos, fines, proyectos, tareas, representaciones, creencias, valores, normas, reglas, juicios de valor y emociones (cf. Schatzki, 1996; Schatzki, Knorr Cetina y Savigny, [eds.], 2001). De este conjunto conviene destacar:

$d_1$) Un conjunto de *representaciones* del mundo que guían las acciones de los agentes. Estas representaciones incluyen creencias (disposiciones a actuar de una cierta manera en el medio) y teorías (conjuntos de modelos de aspectos del medio).

$d_2$) Un conjunto de supuestos básicos (principios), normas, reglas, instrucciones y valores, que guían a los agentes al realizar sus acciones, y que son necesarios para evaluar sus propias representaciones y acciones, igual que las de otros agentes. Ésta es la *estructura axiológica* de una práctica.

Una consecuencia de esta concepción es que las *prácticas* sólo pueden desarrollarse por grupos donde hay una interacción entre sus miembros, y no por individuos aislados. La *adecuación* de una práctica no es una cosa de todo o nada, sino que es un asunto gradual, que tiene que ver con la medida en que los agentes de la práctica logran los fines que se proponen. Diremos que un sistema axiológico de una

4. El tema de la posibilidad de encauzar el desarrollo de la tecnología ha sido objeto de amplios debates en la filosofía de la tecnología. Al respecto véanse, por ejemplo, Broncano (ed.) (1995) y Broncano (2000).

práctica es *correcto* si esa práctica es adecuada en una medida aceptable para quienes la evalúan. Ambas características de las prácticas y de sus sistemas axiológicos (adecuación y corrección) dependen tanto de las capacidades cognitivas y de acción de los agentes, como del medio dentro del cual deben llevar a cabo sus acciones y al cual necesariamente deben transformar. Pero, como la evaluación depende de estándares aceptados por quienes evalúan, el juicio sobre su adecuación depende siempre de quienes hacen la evaluación. Por otro lado, como los medios en donde se desarrollan las prácticas son muy diversos, de ahí surge la amplia variedad de prácticas y, por tanto, de sistemas axiológicos correctos. Seres humanos muy semejantes, teniendo que habérselas con medios muy diferentes, seguramente desarrollarán prácticas adecuadas diferentes.

Podemos sostener, entonces, que *la diversidad axiológica de las prácticas es el resultado normal y esperable a partir de la naturaleza misma de las prácticas y del hecho de que necesariamente se desarrollan en medios específicos que varían unos de los otros*.

Esto explica la diversidad cultural, es decir, la variedad de representaciones, creencias, normas y valores que guían las prácticas de diferentes grupos de seres humanos. Entenderemos por una *sociedad multicultural* una en la que conviven grupos humanos, algunos de los cuales son pueblos (como los pueblos indígenas de América Latina o de España) cada uno de los cuales tiene una tradición desarrollada a lo largo de varias generaciones, cuyos miembros realizan cooperativamente diferentes prácticas, por ejemplo, cognitivas, educativas, religiosas, económicas, políticas, tecnológicas, lúdicas y de esparcimiento —lo cual significa estar orientados dentro de esas prácticas por creencias, normas, valores y reglas comunes—, que comparten una o varias lenguas, una historia y varias instituciones, que mantienen expectativas comunes y se proponen desarrollar colectivamente proyectos significativos para todos ellos. La mayoría de los países de América Latina son naciones multiculturales porque en ellos conviven, por ejemplo, muchos pueblos indígenas; pero la multiculturalidad no se reduce sólo a la presencia de tales pueblos. Muchos otros grupos pueden satisfacer estas condiciones, por ejemplo, migrantes del campo a la ciudad que se identifican en torno a un conjunto de creencias, normas, valores y reglas y que, además, construyen un proyecto común. Un caso claro lo constituyen grupos de migrantes mexicanos o latinoamericanos en los Estados Unidos o en Europa, aunque no provengan de un único pueblo indígena o de una sola raíz cultural (cf. Olivé, 1999).

Cuando se adoptan nuevas tecnologías en una sociedad, entre sus impactos culturales más importantes, y un aspecto central que eva-

luar, es el de las prácticas que serán afectadas por ellas, tanto como el entorno en que se desarrolla dicha práctica, que también sufrirá transformaciones. Una de las tareas fundamentales al fortalecer y desarrollar la cultura tecnológica y tecnocientífica consiste en preparar a los agentes de las prácticas afectadas para realizar críticamente tales evaluaciones. Más culta tecnológicamente será una sociedad, cuanto mejor preparados estén los agentes miembros de las diferentes prácticas sociales para evaluar los posibles cambios en sus propias prácticas y en su medio.

En suma, al diseñar políticas para fomentar la cultura tecnológica es necesario tomar en cuenta los diferentes niveles de «cultura incorporada» que se requiere para la operación apropiada de un sistema técnico. No es posible progresar desde un punto de vista tecnológico si no se ofrece a la gente la preparación adecuada para operar y, en su caso, para utilizar determinados sistemas técnicos. Pero tan importante como lo anterior es tomar en cuenta que cada sistema técnico se utiliza en función de determinados fines, para obtener los cuales se usan ciertos medios y, de hecho, tienen resultados específicos, por lo cual es necesario también que desde el punto de vista de la cultura no incorporada se pueda hacer una evaluación crítica del sistema y de las consecuencias de su aplicación, tanto por quienes utilizarán los sistemas técnicos en cuestión como por quienes se verán afectados por su operación.

Una sociedad, entonces, será culta tecnológicamente si, por una parte, cuenta con grupos que tienen la cultura tecnológica incorporada pertinente para operar adecuadamente los sistemas tecnológicos que requiere, pero, además, si la gente en general cuenta con la preparación para hacer evaluaciones de los sistemas tecnológicos y tecnocientíficos desde el punto de vista de la cultura no incorporada y si puede realizar tales evaluaciones de manera autónoma. Pero a todo esto hay que añadir que la cultura tecnológica debe incluir la capacidad para vigilar y controlar adecuadamente los riesgos que generan los sistemas técnicos, tecnológicos y científico-tecnológicos.

## 9. RIESGO Y CULTURA TECNOLÓGICA

En efecto, una de las características de los sistemas tecnológicos y científico-tecnológicos es que en virtud de su propia naturaleza producen en su entorno —social y ambiental— efectos a corto, mediano y largo plazo, muchos de los cuales son significativos para los seres humanos, y con frecuencia son imposibles de predecir en el momento de la pues-

ta en funcionamiento del sistema (por ejemplo, al liberar al ambiente un organismo genéticamente modificado). Esto quiere decir que los sistemas tecnológicos y científico-tecnológicos generan situaciones de riesgo, de incertidumbre y muchas veces de ignorancia.

Una situación de riesgo es aquella en la que se pone en juego algo valioso para los seres humanos a partir de ciertas consecuencias posibles de la acción o de la operación de un cierto sistema, y se conocen las probabilidades de que ocurra cada uno de los resultados. Una situación de riesgo es, además, de incertidumbre si se desconocen las probabilidades con que pueden ocurrir esos sucesos. Una situación es de ignorancia si ni siquiera se conocen los sucesos posibles que pueden ocurrir como consecuencia de una acción o de la aplicación de un sistema, digamos, un sistema tecnológico.

El riesgo, además, tiene estas tres características:

1) Un riesgo surge en situaciones de elección, a partir de decisiones humanas de actuar y producir algo, o de omitir acciones y dejar que pase algo.

2) Si se trata de daños que son el resultado de decisiones humanas, o por lo menos cuya ocurrencia ha sido posible en virtud de decisiones humanas, el riesgo lleva a la imputabilidad de alguna responsabilidad.

3) El riesgo involucra problemas de *justicia social*, pues en las sociedades contemporáneas «los conflictos sociales sobre riesgos pueden entenderse, por lo menos en parte, como conflictos respecto a la compensación por los riesgos, lo que necesariamente entraña también conflictos sobre el reparto de bienes» (cf. López, Cerezo y Luján, 2000, 23-25).

En suma, el riesgo sólo existe si hay seres humanos que tengan razones para considerar como posible el suceso que, sin embargo, no pueden predecir con certeza, pero cuya ocurrencia afectaría a algo valioso para una persona o para un grupo de seres humanos (Jaeger, Renn, Rosa y Webler, 2001). La ocurrencia del suceso, además, o bien resulta de una decisión humana de actuar de cierta manera, o bien su ocurrencia tiene ciertas consecuencias debidas a que algunas personas omitieron ciertas acciones. Por consiguiente, los daños causados en una situación de riesgo son imputables a ciertos agentes, a quienes puede y debe exigirse responsabilidades, morales y jurídicas, entre otras. En las sociedades contemporáneas, además, los riesgos son omnipresentes y su distribución conduce muchas veces a conflictos que plantean cuestiones de justicia social.

Como corolario se sigue que la identificación del riesgo, su estimación y valoración, así como su aceptabilidad y gestión, visto todo esto como un continuo y no como compartimentos estancos, necesariamente dependen de valores. Aunque no todos los valores involucrados son de tipo ético, existe un problema ético en las formas de enfrentar los problemas del riesgo que generan los sistemas tecnológicos y tecnocientíficos. Pues la información y el conocimiento pertinentes para la identificación, estimación y gestión del riesgo siempre dependen de un contexto, de la posición de quienes evalúan, de sus fines, intereses y valores, y «tomar una posición, y estar en una posición, es, inevitablemente, una cuestión de ética» (Adam, Beck y Van Loo, 2000, 4).

Las percepciones del riesgo están íntimamente ligadas a la forma como los seres humanos, desde diferentes posiciones y puntos de vista culturales, comprenden los posibles fenómenos que se convierten en riesgos. No hay una única manera correcta de comprender y estimar el riesgo. Esto es lo que se ha ocultado mediante la tradicional asociación del «lenguaje del riesgo» con el mundo de la economía, del comercio, de los profesionales de la medicina y de las compañías de seguros. Bajo este punto de vista se sostiene engañosamente que «la percepción del riego implica una relación particular con un futuro desconocido cuya posibilidad, de llegar a realizarse, podría, sin embargo, calcularse mediante extrapolaciones de ocurrencias pasadas» (Adam, Beck y Van Loo, 2000, 7). Bajo esa concepción, la evaluación del riesgo se reduce equivocadamente a una cuestión matemática que debe quedar sólo en manos de expertos.

Esta interpretación del riesgo cumple una función ideológica al ocultar que la estructura misma de las situaciones de riesgo, así como las condiciones bajo las cuales es posible obtener conocimiento de la realidad y realizar transacciones con ella para transformarla mediante distintas prácticas sociales, todo esto admite una pluralidad de puntos de vista distintos, culturalmente dependientes, y que pueden ser todos correctos según los diferentes estándares a los que se apele al percibir, identificar, evaluar y gestionar el riesgo[5].

Cuando se trata de evaluar los riesgos de la aplicación de sistemas tecnológicos y científico-tecnológicos, la liberación de un organismo genéticamente modificado al ambiente, por ejemplo, y sobre todo cuando se trata de tomar decisiones acerca de cómo proceder, entran en juego diversos intereses y valores, por lo que en la estimación del riesgo, y en la decisión de cómo vigilarlo y sobre todo controlarlo,

5. Sobre el pluralismo epistemológico, véase Olivé (2000, 3.ª parte).

deben participar tanto los científicos naturales, los científicos sociales, los tecnólogos, los humanistas, los trabajadores de la comunicación, los empresarios, los políticos y los ciudadanos y todas las personas cuyas vidas pueden ser afectadas. Esto no significa desconocer que diferentes grupos tienen un acceso diferenciado a la información pertinente, al saber especializado, y a ciertos recursos necesarios para conocer y evaluar las consecuencias de la tecnología. Pero sí quiere decir que, cuando se trata de evaluar resultados y decidir acciones en torno a un sistema científico-tecnológico que afecta a la sociedad o al ambiente, la visión y las conclusiones de cada sector serán necesariamente incompletas, y ninguno tiene un privilegio que justifique su participación a costa de excluir a otros sectores que pueden aportar puntos de vista valiosos y pertinentes.

Potenciar el desarrollo tecnológico y científico-tecnológico, entonces, no significa únicamente utilizar más tecnología; debe querer decir, sobre todo, tener la capacidad de diseñar, desarrollar, utilizar, evaluar y aprovechar los sistemas técnicos, tecnológicos y científico-tecnológicos apropiados para los fines que persiguen agentes concretos, de carne y hueso, así como saber que se corren riesgos por su empleo y, en su caso, tener la capacidad de participar en el diseño y en la operación de los mecanismos de vigilancia y control de esos riesgos.

## 10. EL TRÁNSITO A LA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO, LA CULTURA TECNOLÓGICA Y LOS SISTEMAS SOCIALES CIENTÍFICO-TECNOLÓGICOS EN LAS SOCIEDADES CULTURALMENTE DIVERSAS

¿Qué conclusiones podemos obtener a partir de las ideas anteriores con respecto a la cultura tecnológica y científico-tecnológica para los países iberoamericanos si han de fortalecer esas culturas a fin de aprovechar mejor los beneficios de la tecnología, pero al mismo tiempo vigilar y encauzar sus efectos en la sociedad, en la cultura y en el ambiente? Esto también es fundamental si nuestros países han de transitar hacia sociedades del conocimiento, cada uno íntegramente como país en su conjunto, y no sólo en beneficio de ciertas minorías privilegiadas, es decir, hacia sociedades del conocimiento justas, plurales y democráticas.

Lo primero es llamar la atención de que sería un grave error creer que el tránsito a la sociedad del conocimiento dependerá simplemente de «aprender a usar» determinados artefactos producidos por sistemas tecnocientíficos de otros países (como los ordenadores, las redes telemáticas o los organismos genéticamente modificados). Pero ni siquiera se trata tan sólo de poder generar mayor conocimiento (científico, tec-

nológico o tecnocientífico) si no existen las relaciones sociales y culturales adecuadas para su aprovechamiento. El problema central más bien es llegar a tener la capacidad de generar y aprovechar los sistemas técnicos, tecnológicos y tecnocientíficos apropiados para resolver los problemas tal y como los definan los diferentes grupos humanos. Pero no hay que perder de vista que esas definiciones variarán según la cultura de cada grupo. Y las sociedades modernas son básicamente multiculturales, es decir, están compuestas por grupos humanos con culturas diferentes.

La tecnología y la tecnociencia son hoy en día herramientas indispensables para el desarrollo económico, educativo y cultural de los pueblos, y de su fortalecimiento y aprovechamiento depende en gran medida el tránsito a la sociedad del conocimiento de nuestros países. Pero para lograr ese tránsito se requiere sobre todo desarrollar la capacidad de los diferentes pueblos y grupos sociales de generar conocimiento y de aprovecharlo en su beneficio. Para ello es necesario fortalecer los canales de comunicación entre los sistemas tecnológicos y tecnocientíficos y el resto de la sociedad, impulsar la educación en ciencia y tecnología, y realizar cambios en las instituciones, en la legislación y en las políticas públicas. Pero también es indispensable desarrollar la cultura tecnológica y científico-tecnológica. ¿Qué significa eso y qué implica en el contexto de sociedades culturalmente diversas?

Ciertamente, no quiere decir que la gente entienda sólo el contenido de las teorías científicas, o que se entere de los hallazgos tecnocientíficos (que tal gen es responsable de la enfermedad *x* y que, por tanto, se ha avanzado en la posibilidad de crear un fármaco *ad hoc* para esa enfermedad), sino que es necesario desarrollar tanto la cultura tecnológica incorporada a sistemas tecnológicos específicos —aquellos que después de una evaluación desde la perspectiva de la cultura tecnológica no incorporada, sean aprobados por quienes serán sus operarios, sus usuarios y los afectados por dicha tecnología—, lo cual significa, de paso, que deben desarrollar las habilidades y poner en juego las capacidades para generar y aprovechar tales tecnologías.

Lo importante es no caer en el error de creer que la tecnología se reduce a las técnicas y a los artefactos, olvidando a los agentes que diseñan, operan y evalúan los sistemas tecnológicos, así como al resto de los agentes que pueden ser afectados en sus vidas y en su cultura, en sus diferentes prácticas, por esos sistemas, y quienes, por tanto, también deben hacer una evaluación y tienen todo el derecho para incidir en el desarrollo y aplicación de un sistema tecnológico específico, y en la vigilancia y control de sus consecuencias. La unidad de

análisis que tomemos en cuenta debe incluir los sistemas tecnológicos y tecnocientíficos con todo y su dimensión de cultura incorporada, y asimismo debe considerarse el punto de vista desde la cultura no incorporada. Hemos visto que los sistemas técnicos, tecnológicos y tecnocientíficos afectan a la cultura impactando en las prácticas sociales específicas. Al analizar el impacto cultural de la tecnología se debe considerar a los agentes intencionales, los seres humanos de carne y hueso que constituyen la médula de los sistemas tecnológicos y científicos, así como las prácticas sociales que son transformadas a consecuencia de la operación de esos sistemas, es decir, debe analizarse la manera en que los agentes se ven inducidos y a veces obligados a hacer las cosas de otro modo. Por ejemplo, a cambiar sus prácticas de cultivo, cuando, por determinadas características de las semillas genéticamente modificadas, éstas ya no pueden ser guardadas y utilizadas en la siguiente siembra como suelen hacer los agricultores tradicionales.

El desafío para el fortalecimiento de una cultura tecnológica y de un adecuado tránsito a una sociedad del conocimiento es que la gente de carne y hueso, en función de sus fines y de sus valores, pueda ejercer sus capacidades para generar y para apropiarse y aprovechar el conocimiento, tanto de los saberes tradicionales como de los científicos y los tecnocientíficos, pero sobre todo que pueda generar el conocimiento que mejor le sirva para alcanzar sus fines, manteniendo siempre la capacidad de decidir de manera autónoma cuáles son las prácticas que desea modificar y, en su caso, en qué sentido acepta cambiarlas y cuáles no quiere alterar.

Esto significa construir y fortalecer los que bien podríamos llamar *sistemas sociales científico-tecnológicos*[6]. Tales sistemas incluyen a las comunidades de expertos de diferente clase —representantes de las ciencias naturales y exactas, así como de las sociales, de las humanidades y de las disciplinas tecnológicas—, a gestores profesionales de tales sistemas (profesión que aún no se ha desarrollado en Iberoamérica al nivel que se necesita actualmente), entre cuyas tareas se encuentra la atracción de fondos de inversión y su administración eficiente, profesionales de mediación que no sean sólo «divulgadores» del conocimiento científico, tecnológico y científico-tecnológico (que lleven mensajes sólo en el sentido de la tecnología y la tecnociencia a la sociedad), sino que sean capaces de comprender y articular las demandas de diferentes sectores sociales (empresarios, entre otros, pero no

6. Agradezco a Ambrosio Velasco la insistencia en llamar de esta manera a los sistemas en cuestión, que se conciben de manera distinta a los sistemas tecnocientíficos en el sentido explicado por Echeverría (2003).

exclusivamente ellos, sino también otros grupos sociales), y llevarlas hacia el medio científico-tecnológico y facilitar la comunicación entre unos y otros.

Los sistemas sociales científico-tecnológicos que, entendidos de esta manera, serían un tipo de los llamados sistemas de innovación, incluyen, entonces, los sistemas y procesos donde se genera el conocimiento, pero también los mecanismos que garantizan que tal conocimiento será aprovechado socialmente para satisfacer demandas de diferentes sectores, y por medios aceptables desde el punto de vista de quienes serán afectados. Por eso es indispensable la participación de científicos sociales y de humanistas en esos sistemas. Pero, como al final de cuentas, tales sistemas deben tener como consecuencia beneficios para diferentes grupos sociales, es necesario que haya una participación de representantes de los grupos que serán afectados y, en su caso, beneficiados.

El fortalecimiento de tales sistemas implica el avance de la tecnología y la tecnociencia mediante un incremento de la inversión en ella, pero al desarrollarse mediante sistemas donde se da una comunicación entre los tecnólogos y tecnocientíficos expertos con quienes toman las decisiones concernientes a la inversión y quienes demandan el conocimiento para resolver sus problemas, el resultado es la consolidación de una auténtica cultura tecnológica y científico-tecnológica. Esto significa sobre todo que los ciudadanos y quienes toman las decisiones en los Gobiernos y en el sector productivo aprecian el valor de la ciencia y la tecnología; y junto con los expertos entienden que la tecnología y la tecnociencia tienen un enorme potencial para coadyuvar al desarrollo económico y social y a la comprensión y resolución de problemas; saben por qué es razonable confiar en esos sistemas y cuáles son sus límites; saben también que generan riesgos, pero que existen maneras ética, económica y políticamente aceptables de contender con ellos mediante mecanismos en donde participen expertos y representantes de los grupos sociales involucrados; y saben también la conveniencia de aprovechar otros saberes, como los tradicionales. La construcción de una auténtica cultura tecnológica y científico-tecnológica, por tanto, requiere un gran esfuerzo educativo desde la escuela primaria hasta el nivel universitario y de posgrado, sin olvidar todo el campo de la educación no formal, y va de la mano de la construcción y fortalecimiento de los sistemas sociales científico-tecnológicos con el fin de modificar las actitudes básicas de los agentes sobre los sistemas tecnológicos.

## 11. DESAFÍOS PARA LOS PAÍSES IBEROAMERICANOS

En el contexto de los países iberoamericanos, muy especialmente los de América Latina, podemos concluir con la siguiente tesis: para lograr una organización social *justa*, dado que se trata de países multiculturales, es necesario promover las condiciones para la resolución pacífica de problemas, y eso requiere, entre otros elementos, normas, instituciones y mecanismos que tiendan a disminuir la exclusión de los sectores sociales marginados —incluyendo a los pueblos indígenas— con respecto a sistemas de producción y aprovechamiento de conocimiento. Se trata, en particular, de establecer y desarrollar los sistemas sociales científico-tecnológicos, promoviendo los mecanismos que faciliten la participación pública en esos sistemas a fin de lograr el aprovechamiento del conocimiento para el desarrollo económico y cultural de los diferentes pueblos y culturas, mediante formas que garanticen el ejercicio de su autonomía. Esto incluye la participación efectiva en el diseño, en la operación y en la evaluación de los sistemas técnicos, tecnológicos y científico-tecnológicos que se utilicen para la explotación razonable y sostenible de los recursos naturales de sus territorios, así como en la toma de decisiones sobre las formas de canalizar los beneficios derivados de tal explotación, todo lo cual debe hacerse de acuerdo con los valores, normas y concepciones del mundo de cada cultura.

## BIBLIOGRAFÍA

Adam, B., Beck, U. y Van Loo, J. (2000), *The Risk Society and Beyond*, *Critical issues for social theory*, Sage, London.
Aibar, E. y Quintanilla, M. A. (2002), *Cultura tecnológica. Estudios de ciencia, tecnología y sociedad*, ICE Universidad de Barcelona/Horsori, Barcelona.
Broncano, F. (2000), *Mundos artificiales*. *Filosofía del cambio tecnológico,* Paidós, México.
Broncano, F. (ed.) (1995), *Nuevas meditaciones sobre la técnica*, Trotta, Madrid.
Bunge, M. (1996), *Ética, Ciencia y Técnica*, Sudamericana, Buenos Aires.
Echeverría, J. (2002), *Ciencia y Valores*, Destino, Barcelona.
Echeverría, J. (2003), *La Revolución Tecnocientífica*, Fondo de Cultura Económica, Madrid.
Frondizi, R. (1972), *¿Qué son los valores?*, 3.ª ed., FCE, México.
Jaeger, C., Renn, O., Rosa, E. y Webler, Th. (2001), *Risk, Uncertainty and Rational Action*, Earthscan, London/Sterling.
López, J. A. y Luján, J. L. (2000), *Ciencia y Política del Riesgo*, Alianza, Madrid.

López, J. A. y Sánchez, R. (eds.) (2001), *Ciencia, Tecnología, Sociedad y Cultura en el cambio de siglo*, Biblioteca Nueva/OEI, Madrid.
Mosterín, J. (1993), *Filosofía de la Cultura*, Alianza, Madrid.
Olivé, L. (1999), *Multiculturalismo y Pluralismo*, Paidós, México.
Olivé L. (2000), *El Bien, el Mal y la Razón. Facetas de la ciencia y la tecnología*, Paidós, México.
Olivé, L. (2007), *La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento. Ética, política y epistemología*, Fondo de Cultura Económica, México.
Quintanilla, M. A. (2005), *Tecnología: un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnología*, Fondo de Cultura Económica, México.
Schatzki, T. (1996), *Social Practices. A Wittgensteinian Approach to Human Activity and the Social*, Cambridge University Press, Cambridge.
Schatzki, T. (2001), «Introduction: practice theory», en T. Schatzki, T. Knorr Cetina y E. Savigny (eds.), *The Practice Turn in Contemporary Theory,* Routledge, London/New York.
Sobrevilla, D. (ed.) (1998), *Filosofía de la cultura*, Trotta/CSIC, Madrid.
Villoro, L. (1982), *Creer, Saber, Conocer*, Siglo XXI, México.
Villoro, L. (1997), *El Poder y el Valor*, Fondo de Cultura Económica, México.

# CIENCIA, TECNOLOGÍA Y DESARROLLO SOSTENIBLE

*Diego Lawler*

La incidencia de la ciencia y la tecnología en el desarrollo de las sociedades modernas es un fenómeno que está bien documentado[1]. La mejora de la calidad de vida de estas sociedades depende en gran parte de una combinación estratégica de factores socioeconómicos con factores científicos y tecnológicos. De ahí que habitualmente se afirme que la elaboración de una política científica y tecnológica estratégica constituye un factor clave para la promoción del desarrollo de estas sociedades. Esta clase de afirmaciones proviene de una mirada cuya idea fuerza parece sugerir que el desarrollo depende de la ciencia y la tecnología, puesto que éstas realizan contribuciones causales a aquél. Sin embargo, esta mirada se complementa con otra que señala que estas relaciones no presentan una única dirección, dado que el desarrollo de las sociedades retroalimenta, al mismo tiempo, tanto la ciencia como la tecnología. Por consiguiente, la ciencia y la tecnología no sólo han de percibirse como causas del desarrollo sino también como efectos del mismo.

Por otro lado, también están bien documentados los efectos perjudiciales ocasionados por las acciones colectivas para el desarrollo que fueron instrumentadas a lo largo de las últimas décadas[2]. Entre

1. Véase, por ejemplo, la compilación de trabajos realizada por Salomón, Sagasti y Sachs (1996).

2. Véase, por ejemplo, Boron y Murray (2004), Dehesa (2003), Hamilton (2006), Meadows, Randers, Meadows y Behrens (1972), Redclift (1987), y el *Living Planet Report*, elaborado desde 1970 por la organización conservacionista World Wildlife Fund. Este informe describe tanto los cambios en la biodiversidad global como la presión a la que se ve sometida la biosfera a raíz del consumo humano de los recursos naturales.

Los efectos perjudiciales de estas acciones humanas pueden cotejarse a través de ejemplos que involucran el cambio climático, la salud humana, la gestión de los recursos naturales, la pobreza y la exclusión social, etcétera.

otras cosas, esto supuso reconocer que la empresa científica y tecnológica, *qua* motor del desarrollo, puede producir efectos perjudiciales, los cuales aparecen al margen de la voluntad del científico y del tecnólogo; en general, como subproductos no queridos de la propia actividad científica y tecnológica. Asimismo, esto impulsó a repensar la política científica y tecnológica, puesto que ésta hubo de incorporar el sopesamiento profundo de los efectos secundarios negativos que pudiesen acarrear las acciones científicas y tecnológicas a favor del desarrollo, así como la representación adecuada de los riesgos involucrados y la valoración ajustada de los mismos. Estas circunstancias contribuyeron a que la noción de desarrollo dejara de ser interpretada exclusivamente desde el ámbito de la economía para extenderse hacia otros asuntos como, por ejemplo, la cohesión social, la equidad y la protección del medio ambiente. Este giro, que involucra el tratamiento conjunto de las cuestiones del desarrollo económico, el desarrollo social y la protección medioambiental, está de algún modo en los orígenes del concepto de desarrollo sostenible. A su vez, la emergencia de este nuevo concepto supuso replanteos en relación con cuáles son las contribuciones de la ciencia y la tecnología para impulsar el desarrollo sostenible, y cómo deben éstas llevarse a cabo. Sin embargo, al día de hoy no sólo no disponemos de una noción unificada de desarrollo sostenible, sino que tampoco contamos con un enfoque estable para elaborar el lugar de la ciencia y la tecnología dentro de este nuevo escenario. Por supuesto, este artículo no pretende resolver estos problemas. Por el contrario, se propone ofrecer un diagnóstico básico de esta situación con el objetivo de brindarle al lector un retrato realista (*i.e.,* ajustado a los hechos) del estado de la cuestión.

Este artículo está estructurado en tres secciones. En la primera sección se analiza el significado de la noción de desarrollo sostenible y se explicitan sus componentes elementales. Además, se recogen los diferentes modos en que es empleada esta noción y la manera en que estos usos enfatizan unos componentes en desmedro de otros. En la segunda sección se definen básicamente las nociones de ciencia y tecnología, y se analizan sus posibles relaciones con la noción de desarrollo sostenible. En particular, en esta sección se pretende identificar cómo la ciencia y la tecnología pueden contribuir al desarrollo sostenible. Finalmente, se presentan unas conclusiones generales.

## 1. LA NOCIÓN DE DESARROLLO SOSTENIBLE

A pesar de que la preocupación por el desarrollo sostenible nos acompaña desde hace ya bastantes años en los debates sobre la superpoblación del planeta, el calentamiento global, la reducción de la capa de ozono, la pérdida de biodiversidad, la desertificación, la sedimentación ácida y el consumo intensivo de recursos, la noción misma de desarrollo sostenible continúa siendo desconcertante. Esto se debe en parte a que el desarrollo sostenible es un concepto multifacético, que puede ser visto desde diferentes perspectivas, las cuales a su vez dependen de puntos de vista personales y disciplinares —es suficiente, por ejemplo, con una superficial aproximación a la literatura existente para cotejar cómo difiere el significado que le otorga a la noción un sociólogo del que puede darle un economista, o un ecologista, o un científico natural, o un hacedor de políticas gubernamentales, o un ciudadano de a pie de un país desarrollado o en vías de desarrollo—. Por consiguiente, si existe algún consenso sobre la noción de desarrollo sostenible es, precisamente, que no hay un acuerdo universal sobre su significado[3].

En los párrafos que siguen se analiza el significado de la noción de desarrollo sostenible. En primer lugar, se presenta su significado ordinario. En segundo lugar, se reconstruye su significado técnico mediante el examen de la definición que popularizó la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo en su informe de 1987[4]. Una parte importante de esta reconstrucción consiste en la identificación de cuál es el núcleo conceptual que cobija esta definición. En tercer lugar, se caracterizan las interpretaciones más influyentes que recibió la definición técnica de desarrollo sostenible. Finalmente, se describen las diversas maneras en que puede caracterizarse el desarrollo sostenible, y se señalan los modos básicos en que está emparentado con la ciencia y la tecnología.

De acuerdo con el *Diccionario de la Real Academia Española*, la expresión «desarrollo» se refiere a una secuencia de fases o conjunto de estados enlazados sucesivamente que involucran alguna clase de incremento o ampliación, donde este aumento no sólo incluye una idea

3. Esto se refleja en el hecho de que existan, como comenta Wiesenfeld (2003), más de trescientas definiciones de desarrollo sostenible.

4. Aunque el término *desarrollo sostenible* comenzó a emplearse a comienzos de la década del setenta, se considera aquí, a los fines de su análisis, la definición que dio a este término la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, creada por las Naciones Unidas en 1982. La razón para ello es que la literatura sobre el desarrollo sostenible (tanto la especializada como la no especializada) considera esa definición como la definición fundacional del término en su uso técnico.

de crecimiento, sino también una idea de despliegue de las propias posibilidades contenidas en la secuencia que se desarrolla. El crecimiento sería, entonces, cuantitativo así como cualitativo. De allí que este vocablo, cuando se emplea figurativamente para determinar a las comunidades humanas, caracterice su crecimiento económico, social, cultural o político, basado en parte en sus propios recursos y en el despliegue de sus potencialidades[5]. A su vez, el vocablo «sostenible» se refiere a los procesos que pueden sustentarse por sí mismos, con independencia del auxilio externo y sin menoscabar los recursos existentes. Por consiguiente, el significado del término, según el habla corriente, nos dice que la expresión compuesta *desarrollo sostenible* se aplica —en sentido lato— a un proceso de crecimiento complejo, cuantitativo así como cualitativo, que tiene lugar a través de fases o momentos sucesivos en el tiempo, y que acontece sin ayuda externa y sin agotar los recursos existentes.

Si bien el desarrollo sostenible se dice de muchas maneras, el significado técnico más difundido de la expresión «desarrollo sostenible» recoge, en la literatura sobre este tema, gran parte del sentido que el habla común le otorga a esta locución, aunque haga especial hincapié en otros aspectos. Dicho significado fue elaborado y popularizado por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, creada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1982, en su informe *Nuestro Futuro Común*, publicado en 1987 —a esta comisión se la conoce como Comisión Brundtland, puesto que era presidida por la primera ministra de Noruega Gro Harlem Brundtland[6]—. El

5. En ciencias sociales, en los trabajos sobre el desarrollo, este término suele emplearse tanto en sentido descriptivo como normativo. En su uso descriptivo, la noción de desarrollo caracteriza una situación actual. Así, un estudio sociológico que da cuenta de una realidad determinada por medio del análisis de un conjunto de indicadores constituiría un ejemplo del uso descriptivo. En su empleo normativo, en cambio, caracteriza vías alternativas para llegar al desarrollo. Un estudio que realiza una crítica de una forma social existente y, al mismo tiempo, promueve otra forma social distinta, argumentando que esta última es superior ética, política o socialmente, sería un ejemplo de este último uso. No obstante, el significado que recoge el diccionario pretende ser neutral en relación con estos dos usos.

6. Entre los antecedentes del informe Brundtland pueden citarse, por un lado, el libro *The limits of Growth*, publicado en 1972, como resultado de la investigación auspiciada por el Club de Roma (asociación internacional, constituida entre fines de los sesenta y comienzos de los setenta, conformada por científicos, ejecutivos, funcionarios gubernamentales, etc., alrededor de la figura de Aurelio Peccei, cuyo propósito era discutir sobre el sistema de desarrollo global). Por otro lado, el informe *World Conservation Strategy*, elaborado en 1980 por la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. Ciertamente, al informe Brundtland lo

significado técnico de la noción de desarrollo sostenible señala que el desarrollo sostenible es «aquel que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades» (1987). En el informe de la Comisión Brundtland, a esta definición le sigue un párrafo que la complementa con la siguiente explicación:

> El concepto de desarrollo sostenible implica límites —no límites absolutos, pero sí limitaciones que el estado actual de la tecnología y de la organización social imponen sobre los recursos medioambientales y sobre la habilidad de la biosfera para absorber los efectos de las actividades humanas—. Sin embargo, tanto la tecnología como la organización social pueden ser administradas y mejoradas para dar lugar a una nueva era de crecimiento económico (1987).

Así definida, la expresión «desarrollo sostenible» es ostensiblemente imprecisa, puesto que está lanzada para alcanzar el mayor grado de consenso posible. Por consiguiente, resulta útil resumir su génesis, así como elaborar su mínimo núcleo conceptual. El consenso que busca esta definición está motivado en la complementación de dos ideas que se encontraban de alguna forma en tensión: la protección del medio ambiente, interpretada como la necesidad de fijar límites al crecimiento; y la idea de desarrollo, entendida, por el contrario, como promoción decidida del crecimiento[7]. Se trataba, por tanto, de replantear

siguieron importantes reuniones internacionales auspiciadas por las Naciones Unidas, con sus respectivos informes, que recogieron la noción de desarrollo sostenible; entre otras, cabe mencionar, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Río de Janeiro, 1992) y la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (Johannesburgo, Sudáfrica, 2002).

7. Carl Mitcham (1995, 317), en su caracterización de los orígenes y ambivalencia de la noción de desarrollo sostenible, comenta esta búsqueda de consenso con las siguientes palabras: «Por un lado, estaban los ambientalistas, quienes argumentaban a favor de posiciones que implicaban límites al crecimiento o no más crecimiento con el propósito de enfrentar la amenaza de la polución, proteger los recursos naturales y respetar los derechos de las futuras generaciones. Por otro lado, estaban los economistas, especialmente del Tercer Mundo, quienes argüían a favor de la necesidad del desarrollo y de aumentar el crecimiento, con el fin de aliviar la pobreza existente y permitirles a estas naciones desempeñar un papel real en los asuntos internacionales. La manera en que la Comisión Brundtland reunió estos intereses en conflicto consistió en proponer la noción de desarrollo sostenible, descartando sugerir meros límites o mero desarrollo».

La interpretación del informe de la Comisión Brundtland como producto del consenso resultante entre posiciones en pugna está ampliamente extendida. Para un análisis de los distintos compromisos teóricos, metodológicos y valorativos operantes en el debate sobre la definición de desarrollo sostenible, véase Cuello Nieto y Durbin (1995), entre otros.

el debate sobre el medio ambiente y el desarrollo frente al urgente problema, entre otros, del crecimiento poblacional previsto para mediados del siglo XXI[8]. Para ello, la comisión se propuso desarmar el marco conceptual que enfrentaba el medio ambiente con el crecimiento, promoviendo una idea básica que está en la raíz de la definición dada de desarrollo sostenible. Se trata de la idea que afirma que las nociones de medio ambiente y desarrollo están inextricablemente enlazadas. Para decirlo figurativamente, la naturaleza no alentaría cualquier forma de desarrollo[9].

En palabras del informe de la Comisión Brundtland:

> El medio ambiente no existe como una esfera separada de las acciones humanas, de las ambiciones, de las necesidades; y los intentos de defenderlo con independencia de las preocupaciones humanas le otorgaron al término *medio ambiente*, en ciertos círculos políticos, una connotación de ingenuidad. La palabra *desarrollo* ha sido también restringida por algunos a un ámbito limitado, como, por ejemplo, cuando se dice que es «lo que los países pobres deben hacer para enriquecerse»; de este modo se ignora inmediatamente el desarrollo en los escenarios internacionales, considerándolo como un asunto de especialistas, en particular, de aquellos involucrados en la «asistencia al desarrollo». Pero el «medio ambiente» es donde vivimos y el «desarrollo» es lo que todos hacemos para intentar mejorar nuestra suerte en nuestra morada. El medio ambiente y el desarrollo son inseparables (1987).

Esta idea básica propició el marco para que la Comisión Brundtland sumara, al enlace del medio ambiente con el desarrollo, la idea de equidad intergeneracional[10]. La intuición fundamental, dadora de sentido a este enlace, podría ser formulada del siguiente modo: 1) Las necesidades humanas, en particular, las correspondientes a las personas más pobres del planeta, son básicas y esenciales. 2) Su satis-

8. En relación con el asunto del crecimiento de población, cabe señalar que la Comisión Brundtland consideraba ya un problema real la satisfacción de las necesidades y deseos de los 5,7 billones de habitantes que tenía entonces el planeta como para avizorar los potenciales conflictos que traería la duplicación de esa población hacia mediados del siglo XXI.

9. Hay autores, por ejemplo, Carpenter (1991, 481-492), que afirman que dentro del marco ideológico en que se inscribe el pensamiento de la Comisión Brundtland, estos dos objetivos son, en realidad, irreconciliables, puesto que dicho marco presupone que el crecimiento indefinido constituye la vía *regia* para acompasar la satisfacción de las necesidades de los más pobres con la evitación de la degradación medioambiental.

10. Quienes defienden la equidad intergeneracional abogan para que las futuras generaciones sean incluidas en los cálculos actuales de los costos del desarrollo económico que preserva el medio ambiente.

facción demanda un crecimiento económico que no esté disociado de la equidad en la distribución de los recursos. Sin embargo, 3) la noción de desarrollo supone límites respecto del aprovechamiento de los recursos medioambientales. 4) Estos límites son límites relativos, es decir, están dados por los estados actuales de la tecnología (se podría agregar, además, de la ciencia) y de las organizaciones sociales, y por la capacidad de la biosfera para absorber los efectos de las actividades humanas presentes y futuras. En líneas generales, 1), 2), 3) y 4) sugieren que el desarrollo sostenible es un proceso dinámico y continuo de mediación entre necesidades sociales, económicas y medioambientales, cuyo resultado es un cambio socioeconómico que no socava los sistemas ecológicos y sociales de los que dependen las comunidades y las sociedades[11].

Analizada en sus diferentes eslabones, esta intuición introduce consideraciones de distinta naturaleza[12]. Por un lado, consideraciones morales provenientes de una reflexión ética. Son consideraciones que están presentes cuando se mencionan el carácter esencial y básico de las necesidades humanas, la equidad en la distribución de los recursos producto del crecimiento económico (equidad intrageneracional) y, especialmente, nuestra obligación para integrar, en nuestras acciones de transformación del mundo, el interés de las futuras generaciones, con el propósito de preservar para el futuro el ejercicio de sus propias capacidades en vistas a satisfacer sus respectivas necesidades —justicia intergeneracional[13]—. En segundo lugar, introduce la idea de preservación del medio ambiente, abogando por la integración de los intere-

11. Para un examen detallado del modo en que los respectivos comportamientos de los sistemas sociales, ecológicos y económicos se influyen mutuamente a lo largo del tiempo, a la vez que se descarta la idea de que el desarrollo sostenible implique un estado de equilibrio estático, véase Gallopín (2003).

12. Si las consideraciones que introduce la definición de desarrollo sostenible suponen o no cambios sustantivos es un asunto de debate. Por ejemplo, Tijmes y Luif (1995) consideran que se trata de una definición conservadora que no está en condiciones de introducir cambios sustantivos, puesto que está labrada dentro del paradigma de la economía clásica moderna, a saber, la ideología de la escasez.

13. La cuestión de la equidad intergeneracional asoma abiertamente una vez que se advierten las proyecciones de la mayoría de los demógrafos, las cuales auguraban que la población mundial rondaría los doce billones a mitad de este siglo. Entonces, se volvía natural para los miembros de la Comisión Brundtland la siguiente pregunta: ¿Cómo pueden los sistemas mundiales económico y social proveer comida, energía, trabajo, educación, etc., a esa cantidad de población sin alterar el equilibrio exitoso entre las necesidades económicas y ecológicas? El desarrollo sostenible emergió, por tanto, como una respuesta a esta pregunta, donde la búsqueda de la justicia intergeneracional ocupa un papel central.

ses ecológicos con los propios del crecimiento económico (véase 3)[14]. Finalmente, otorga al estado actual de la ciencia y la tecnología, así como a las diferentes formas socioinstitucionales de gobierno y de poder, la capacidad de redefinir los límites del aprovechamiento sostenible de los recursos naturales (véase 4).

Sin embargo, hay que señalar que una intuición de estas características, que expresa varios objetivos que deben ser reconciliados y alcanzados simultáneamente, y que habitualmente son vistos como incompatibles (por ejemplo, la protección medioambiental, la disminución de la pobreza, el desarrollo económico, la equidad intergeneracional e intrageneracional, etc.), podría carecer de relevancia operativa. De ahí que convenga pasar revista a cómo fue analizada la noción de desarrollo sostenible después del informe de la Comisión Brundtland hasta la cristalización actual de sus diversos significados y usos técnicos. Esto proporcionará una imagen casi exhaustiva de las diferentes pretensiones significativas y respectivos contenidos referenciales que alberga la noción de desarrollo sostenible en uso.

El Consejo sobre Desarrollo Sostenible de la Academia Nacional de Ciencia de los Estados Unidos, en su informe *Our Common Journey: A Transition toward Sustaninability*, publicado en 1999, ha ordenado y diferenciado las diferentes formas en que ha sido definida la noción de desarrollo sostenible. De acuerdo con este estudio, la noción de desarrollo sostenible se ha ido definiendo según una combinación de algo que ha de sostenerse y algo que ha de desarrollarse en el marco de diferentes lapsos temporales[15].

14. El modo en que el informe Brundtland introduce esta idea es perspicazmente ambiguo, puesto que evita considerar directamente si la noción de sostenibilidad supone o no un proceso de crecimiento continuo. Como señala Mitcham (1995, 7): «El concepto implica cierta estudiada o creativa ambigüedad, la cual, precisamente, lo vuelve útil para cerrar la brecha entre los medioambientalistas, que apoyan el no crecimiento, y los desarrollistas, que están a favor del crecimiento».

15. El lector debe advertir que ésta no es la única manera de definir el desarrollo sostenible. Por ejemplo, puede definirse esta noción a través de otros cuatro procedimientos. En primer lugar, identificando las metas que el desarrollo sostenible se propone alcanzar en el corto, mediano y largo plazo. En segundo lugar, analizando los valores que promueve el desarrollo sostenible. En tercer lugar, estudiando los indicadores que se han empleado efectivamente para medir el desarrollo sostenible. En cuarto lugar, el desarrollo sostenible puede definirse según su práctica, esto es, según el examen de las diferentes formas sociales en que se han reunido los esfuerzos para definir el concepto, establecer metas, crear indicadores y afirmar valores. Esta última manera incluye, naturalmente, el estudio de los diferentes movimientos sociales asociados al desarrollo sostenible, la organización de instituciones, la negociación de los compromisos entre la naturaleza y el medio ambiente entre los diferentes actores, etcétera. Para una pre-

Tres grandes categorías (véase Figura 1), con sus respectivas subcategorías, comprenden las ideas sobre lo que ha de sostenerse: la naturaleza, los sistemas que sostienen la vida y la comunidad. Sin embargo, a lo largo de la historia reciente de la noción de desarrollo sostenible, el énfasis ha sido puesto en las dos primeras categorías. Tanto la naturaleza como el medio ambiente se vieron resaltados en tanto objetos de mantenimiento por dos razones: por una parte, porque constituyen fuentes de recursos para el sostenimiento de la humanidad; por otra parte, y en contraposición con este abordaje de tinte utilitario, se consideró que la naturaleza ha de sostenerse con independencia de su utilidad actual y potencial para los seres humanos, puesto que reúne valores intrínsecos. No obstante, recientemente se ha ampliado lo que ha de sostenerse hasta incluir culturas, lugares y grupos humanos que conforman comunidades distintivas y amenazadas por diferentes razones.

Por otra parte, las ideas sobre lo que ha de desarrollarse también comprenden tres grandes categorías con sus correspondientes subcategorías: las personas, la economía y la sociedad (véase Figura 1). En relación con este aspecto, la literatura existente muestra que, cuando emergió la noción de desarrollo sostenible, la prioridad sobre lo que había de ser desarrollado era la economía, esto es, los sectores productivos, la riqueza y el consumo[16]. Sin embargo, últimamente ha emergido una interpretación de la noción de desarrollo que otorga prioridad al desarrollo humano, a saber, la expectativa de vida, la educación, la igualdad de oportunidades, etcétera. Asimismo, se ha incluido también a la sociedad entre lo que hay que desarrollar, es decir, el capital social, las instituciones, las relaciones entre las regiones y los Estados nacionales, etcétera.

La combinación de eso que ha de sostenerse con eso que ha de desarrollarse puede realizarse de modos diferentes. Esta combinación (véase Figura 1) puede ser inclusiva o excluyente en sus extremos, pasando por relaciones con relativos grados de inclusión o exclusión —«sostener solamente la naturaleza…», «desarrollar la economía o sostener la naturaleza», etcétera[17]—. A su vez, el lapso temporal puede

sentación de estas cuatro formas de aproximarse a la noción de desarrollo sostenible, véase Kates, Parris y Leiserowitz (2005, 8-21).

16. Una caracterización de las diferentes interpretaciones que promueven distintas teorías económicas puede consultarse en Bergh (1998), citado en Gallopín (2003, 64-65).

17. En términos generales, estas combinaciones pueden leerse del siguiente modo: quienes apoyan valores políticos conservadores enfatizarán lo que hay que desarrollar, puesto que estimarán que la sostenibilidad no es suficiente; por el contrario, quienes suscriben valores políticos progresistas estarán siempre preocupados por lo que habrá de sostenerse —véase Mitcham (1995, 322).

*Figura 1:* Definiciones del desarrollo sostenible

| QUÉ HA DE SOSTENERSE | POR CUÁNTO TIEMPO | QUÉ HA DE DESARROLLARSE |
|---|---|---|
| | 25 años | |
| NATURALEZA | «Ahora y en el futuro» | LAS PERSONAS |
| Tierra | Por siempre | Sobrevivencia de los niños |
| Biodiversidad | | Expectativas de vida |
| Ecosistemas | | Educación |
| | | Equidad |
| | | Igualdad de oportunidades |
| EL SOSTENIMIENTO DE LA VIDA | | ECONOMÍA |
| Servicios de los ecosistemas | | Riqueza |
| Recursos | | Sectores productivos |
| Medio ambiente | | Consumo |
| | MODOS DE COMBINACIÓN | |
| | Solamente | |
| | Mayormente | |
| COMUNIDAD | Excepto | SOCIEDAD |
| Culturas | Y | Instituciones |
| Grupos | O | Capital Social |
| Lugares | | Estados |
| | | Regiones |

*Fuente*: Consejo Nacional de Investigaciones de los Estados Unidos, División de Políticas, Consejo sobre el Desarrollo Sostenible, *Our Common Journey: A Transition toward Sustainability* (Washington D.C.: National Academy Press, 1999).

consistir en una generación (25 años) o en más de una generación (para siempre).

Este mapa conceptual que se acaba de comentar (elaborado por el Consejo sobre el Desarrollo Sostenible del Consejo Nacional de Investigaciones de los Estados Unidos) permite clasificar con simplicidad y exhaustividad las elaboraciones de la noción de desarrollo sostenible, puesto que caracteriza los distintos objetos a los que hace referencia la noción de desarrollo, así como la noción de sostenibilidad; además, señala cómo han sido combinadas y bajo qué parámetros temporales[18]. Sin embargo, dicho mapa conceptual no profundiza en los compromisos de raigambre teórica que subyacen a estas elaboraciones. Si estos compromisos no fuesen de alguna forma explicitados, resultaría difícil entender por qué se escogen unos objetos y no otros como referencia de los términos *desarrollo* y *sostenible*, por qué se combinan de una forma y no de otra, y por qué se propone un determinado parámetro temporal. En los párrafos que siguen se realiza una aproximación a los compromisos teóricos que podrían subyacer a las diferentes opciones. Se describen dos grandes líneas interpretativas que han sido promovidas por grupos sociales con intereses diversos desde la publicación del informe de la Comisión Brundtland. Aunque estas dos líneas interpretativas no suponen un retrato completo de las alternativas existentes, sí representan las opciones mayoritarias.

Una de las líneas interpretativas puede denominarse *la posición radical*. Esta línea interpretativa argumenta que el desarrollo sostenible debe ser un desarrollo sin crecimiento cuantitativo, es decir, el desarrollo sostenible implica *no más crecimiento* en población, en consumo de materiales naturales o en polución[19]. Quienes propician esta interpretación, por ejemplo, Herman Daly (1966), argumentan que debe ser detenida la dinámica de la Revolución Industrial y reemplazada

18. Para una clasificación diferente de las nociones de desarrollo sostenible existentes, véase García (2003). Este autor propone agruparlas en torno a tres tipos ideales: «el crecimiento sostenible», «el estado estacionario» y «el conservacionismo bioeconómico». El primer tipo ideal agruparía las interpretaciones del desarrollo sostenible que enfatizan el crecimiento sostenido. El segundo tipo ideal reuniría las lecturas que hacen hincapié en la búsqueda de un estado de equilibrio con crecimiento cero. El tercer tipo ideal recogería las definiciones que señalan la necesidad de abandonar el mito del desarrollo para establecer economías integradas con los ciclos naturales y las necesidades básicas humanas.

19. Existen diferencias entre quienes abogan a favor de la tasa cero de crecimiento, puesto que este concepto puede aplicarse sólo a la población o a la población y al crecimiento material, etcétera. No obstante, cuando está posición se formula radicalmente, arguye de forma directa por la desindustrialización de los países ricos y por la no industrialización de los países pobres —véase, por ejemplo, Ehrlich y Ehrlich (1972; 1990).

por una estrategia controlada de desarrollo que implique el *no crecimiento*: poblaciones más pequeñas, menos dependencia de recursos no renovables y estándares de vida más austeros. Una idea que puede resumirse en el *dictum* compuesto: «Lo pequeño es hermoso – Menos es más»[20]. El logro de un desarrollo sostenible de esta clase supone la adopción de valores y patrones de conducta completamente nuevos y diferentes de los actuales. La versión extrema de esta posición promueve casi únicamente, para emplear palabras de Gallopín (2003, 64), una «sostenibilidad ecológica» con independencia de la «sostenibilidad económica o social»[21]. En general, esta posición se complementa con propuestas que promueven el retorno a ciertos valores religiosos ancestrales (cristianos o no) de respeto a la naturaleza (Berkedal, 2000), así como con otras que propician una nueva mirada ética sobre la base de los objetivos del desarrollo sostenible, a saber, la consideración de las futuras generaciones, la fusión de la economía con la ecología y las relaciones cooperativas entre las personas (Blackburn, 2000; Carson, 1965; Carter, 2001; Foster, 1997 y 2000)[22].

A diferencia de la anterior posición, la segunda línea interpretativa considera que el desarrollo sostenible es un proceso que involucra crecimiento (tanto cualitativo como cuantitativo) y que comprende diferentes correcciones incrementales, las cuales pueden producirse en el marco de las instituciones y los valores sociales y económicos existentes, aunque supongan cambios, en algunos casos profundos, en el modo como se comportan tales instituciones o en dichos valores[23]. Esta línea interpretativa, que podría denominarse *la posición mayoritaria*, es la que ha conformado el trasfondo ideológico de la Comisión Brundtland. Ella comprende diferentes variantes. El rango de disparidad de estas variantes está fijado, en uno de sus extremos, por las interpretaciones del desarrollo sostenible que provienen de las insti-

20. Daly (1966) diferencia el crecimiento (aumento cuantitativo de la producción) del desarrollo (mejoramiento cualitativo de las condiciones de vida de las personas). De este modo, para este autor no sólo el crecimiento no supone necesariamente desarrollo, sino que el desarrollo puede estar acompañado de ausencia de crecimiento. Elaboraciones recientes de estas ideas son Daly (1990 y 2000).

21. Es usual encontrar que estos argumentos están promovidos por una premisa que emplea las leyes de la termodinámica para señalar que el crecimiento no podría continuar al ritmo actual.

22. Dentro de esta línea interpretativa existen posiciones moderadas, véase, por ejemplo, Norton (1992) y Martínez Alier y Roca Jusmet (2000).

23. La idea de que el crecimiento es necesario para el desarrollo sostenible proviene, en última instancia, de una intuición económica natural: el crecimiento demográfico deberá estar necesariamente acompañado de aumento de los alimentos, la vivienda, el transporte y del crecimiento en otros sectores industriales.

tuciones que forman parte de la corriente dominante, como el Banco Mundial, y en otro de sus extremos, por las interpretaciones que defienden un criterio ecológico de sostenibilidad, aunque compatible con los criterios de sostenibilidad económica y social —en general, son interpretaciones auspiciadas por organizaciones no gubernamentales con más o menos participación de la sociedad civil.

Según las interpretaciones que se agrupan en torno a la primera de las variantes, la noción de desarrollo sostenible prácticamente no se distingue de la noción de crecimiento económico continuado, medido éste del modo habitual, a saber, según el consumo de servicios y bienes transables (comerciables) en el mercado. En estas interpretaciones, la sugerencia subyacente es que la sostenibilidad no es suficiente, pudiendo incluso llegar a significar estancamiento, puesto que un desarrollo sostenible, basado en un criterio ecológico de sostenibilidad, puede ser arrollado por los continuos incrementos de la población, así como por los de la demanda de consumo agregada[24]. Por el contrario, las interpretaciones que se reúnen alrededor de la segunda de las variantes enfatizan un criterio ecológico de sostenibilidad, donde la cuestión relevante y urgente es determinar si la componente de desarrollo del desarrollo sostenible no continúa contribuyendo al deterioro de las condiciones medioambientales. Estas interpretaciones admiten la posibilidad de que algunas de las funciones relevantes del mundo natural no puedan ser reemplazadas, dentro de un marco realista de tiempo, por el capital manufacturado o por la tecnología; éstos no podrían sustituir, con independencia de la sofisticación que alcancen, gran parte de los servicios esenciales provistos por el capital natural, por ejemplo, la capa de ozono, la capa superior del suelo, el ciclo hidrológico, la asimilación biológica de los desperdicios y la desintoxicación, etcétera[25]. Si bien estas dos variantes descriptas presentan diferencias que no deben ser minimizadas, en ambas se pretende combinar criterios de desarrollo con sostenibilidad ecológica, económica y social, aunque jerarquizando distintivamente estos tipos de sostenibilidad.

24. En esta interpretación se supone que el requisito de equidad intergeneracional puede alcanzarse acumulando capital manufacturado y, si fuese necesario, sustituyendo el capital manufacturado por el capital natural. Desde este punto de vista, el análisis de la noción de sostenibilidad descansa sobre las herramientas estándares y las asunciones propias de las teorías neoclásicas del crecimiento, que asumen que los únicos *inputs* necesarios son el capital y el trabajo.

25. Estas interpretaciones se basan en acentuar la capacidad de resistencia y de recuperación de la naturaleza más que las condiciones en que se encuentra la sociedad para producir bienes (Gallopín, 2003, 24).

Las dos grandes líneas interpretativas sobre el desarrollo sostenible, anteriormente descritas, perciben su relación con la ciencia y la tecnología de diferentes maneras. La denominada *posición radical* ha argüido que el desarrollo sostenible involucra transformaciones teóricas y metodológicas en las propias ciencia y tecnología. Quienes promueven este punto de vista sostienen que el desarrollo sostenible demanda una *nueva* ciencia y una *nueva* tecnología. Su punto de partida es que las nuevas capacidades científicas y tecnológicas, requeridas por el desarrollo sostenible, solamente pueden surgir de un nuevo marco conceptual y metodológico, el cual supone un cambio profundo en la manera en que se hace ciencia y tecnología en las sociedades modernas. Sin embargo, en estas elaboraciones radicales no está nada claro qué son esas *nuevas* ciencia y tecnología —tampoco está claro qué se entiende por un nuevo marco conceptual y metodológico para la ciencia y la tecnología[26].

La interpretación denominada *posición mayoritaria*, a diferencia de la anterior, otorga a la ciencia y a las tecnologías actuales un papel clave para el logro del desarrollo sostenible en nuestras sociedades industriales modernas. Esta posición se apoya en la premisa que subyace al informe Brundtland, y que señala que la ciencia y la tecnología son elementos clave para expandir los límites del desarrollo económico respetando el desarrollo social y el equilibrio medioambiental[27]. Las diferentes alternativas que conforman esta posición parten del siguiente interrogante: ¿Qué desafío supone para la ciencia y la tecnología actuales el logro de las metas del desarrollo sostenible? En términos generales, quienes defienden esta posición arguyen en favor de la reorientación de las actividades científicas y tecnológicas para adecuarlas a los problemas del desarrollo sostenible. La cuestión de fondo es cómo podrían contribuir la ciencia y la tecnología actuales al desarrollo sostenible. Las respuestas a esta cuestión conllevan la

26. Este pensamiento parecería inspirarse a veces en la idea de que hay sustitutos para la ciencia y la tecnología. Sin embargo, la ciencia y la tecnología son nuestras maneras de ejercer racionalmente el pensamiento y la acción. Si bien podemos imaginar y explorar más eficaces y eficientes posibilidades de uso, no podemos renunciar a ellas, salvo que estemos dispuestos a no enfrentar racionalmente las dificultades y los desafíos del mundo en que vivimos.

27. Por ejemplo, en el informe Brundtland pueden leerse, además, afirmaciones del siguiente tenor: «... la capacidad para la innovación técnica necesita ser aumentada y mejorada [...] para responder de manera más efectiva a los desafíos del desarrollo sostenible» (1987). Esta mención explícita a la innovación técnica no es más que un corolario de la importancia otorgada en esta interpretación del desarrollo sostenible a la ciencia y a la tecnología.

elaboración de cuáles serían los papeles apropiados para la ciencia y la tecnología. Esta modalidad de pensar la articulación de la ciencia y la tecnología con el desarrollo sostenible tiene como antecedentes los estudios científicos y tecnológicos sobre los recursos renovables y los límites medioambientales. Desde esta perspectiva, entonces, la ciencia y la tecnología se relacionarían con el desarrollo sostenible básicamente a través de dos vías. Por una lado, investigando las interdependencias entre los sistemas económicos, sociales y medioambientales, con el propósito de identificar los diferentes aspectos de esta interdependencia, así como su grado de interrelación y afectación recíprocas, por un lado; por otro lado, produciendo innovaciones tecnológicas para volver más eficiente el uso de los recursos naturales, la explotación de fuentes de energía renovables, etcétera.

Una de las consecuencias inmediatas de esta manera de enfocar la cuestión ha consistido en que los análisis de las relaciones entre estas tres nociones se han visto reducidos a la elaboración de un conjunto de afirmaciones de carácter normativo sobre cómo el conocimiento científico y los artefactos tecnológicos pueden contribuir a resolver los problemas que plantea el desarrollo sostenible de una comunidad, un país o una región, cuando se integran a las políticas sociales y medioambientales. Se trata de un conjunto de afirmaciones asentado sobre un presupuesto que podría, en términos generales, resumirse así: La ciencia y la tecnología son contribuyentes necesarios, aunque no suficientes, para el logro de las metas propias del desarrollo sostenible. De ahí que las actividades científicas y tecnológicas tengan que diseñarse en el marco que fija la enunciación de determinadas metas de desarrollo humano, social y medioambiental. Por consiguiente, es natural que esta clase de estudios dirija rápidamente su interés hacia asuntos relacionados con la elaboración de políticas científicas y tecnológicas, y con la gestión de las propias actividades científicas y tecnológicas dentro del marco de estas metas.

Una vívida impresión de la imagen que resulta de este tipo de análisis se obtiene de los señalamientos recurrentes que se encuentran en los documentos de las organizaciones multilaterales internacionales —por ejemplo, las Naciones Unidas—. En estos documentos se indica que la ciencia y la tecnología deben concentrarse en el estudio de las interacciones dinámicas entre la naturaleza y la sociedad, prestando la misma atención a cómo el cambio social conforma el medio ambiente, así como a la manera en que el cambio medioambiental conforma a la sociedad. Se trata de prescribir el modo en que la ciencia y la tecnología deben abordar la complejidad de un fenómeno (el desarrollo sostenible) que se compone de aspectos políticos, económicos, cul-

turales, ecológicos y demográficos inextricablemente enlazados. Este tipo de abordaje de la relación entre ciencia, tecnología y desarrollo sostenible concluye con señalamientos sobre qué nuevas investigaciones científicas (básicas y aplicadas) y qué realizaciones tecnológicas son necesarias para reconciliar el desarrollo de las sociedades con los límites medioambientales del planeta en el largo plazo. Por otro lado, este abordaje promueve cambios en el armado de las agendas de investigación y en la organización y funcionamiento de las instituciones de investigación, y promoción de la ciencia y la tecnología con el propósito de satisfacer las nuevas necesidades —lo cual, a su vez, demanda una política científica y tecnológica especial, a saber, una política que auspicie el entrenamiento de recursos humanos, la distribución de recursos financieros y determinadas prioridades en investigación y desarrollo tecnológico enfocados en los problemas del desarrollo sostenible de las diferentes regiones del planeta.

Sin embargo, la valoración de las aserciones normativas sobre las relaciones entre el desarrollo sostenible, la ciencia y la tecnología debe estar necesariamente antecedida de una reflexión sobre estos dos últimos términos. No se trata sólo de que la discusión de las nociones de ciencia y tecnología constituya un paso previo, aunque indispensable, tanto para aprehender la naturaleza de tales aserciones, como para discutir la premisa, que subyace generalmente a estos trabajos, de que la ciencia y la tecnología son condiciones necesarias pero no suficientes para el desarrollo sostenible; por el contrario, se trata de discernir, a través de la exploración de las nociones de ciencia y tecnología, si pueden trazarse relaciones internas entre éstas y la noción de desarrollo sostenible, esto es, relaciones que tejan un trasfondo explicativo para dar cuenta de por qué el desarrollo sostenible no puede pensarse sin recurrir a las prácticas científicas y tecnológicas. En la siguiente sección se aborda la tarea de definir de manera básica las nociones de ciencia y tecnología con el propósito de avanzar en la identificación de esas relaciones internas.

## 2. LAS NOCIONES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

En las discusiones sobre el desarrollo sostenible, los términos *ciencia* y *tecnología* son usados como si fueran transparentes —sus significados, considerados obvios, están siempre presupuestos—. No obstante, cuando se cotejan los respectivos usos de estos términos, se advierte que arrastran múltiples sentidos. El término *ciencia* es empleado para referirse sucesivamente a un conjunto teórico-empírico de conocimientos sobre fenómenos naturales, o a ciertos procedimientos sistemáticos

de investigación, o a una clase particular de actividad cultural humana, o a una empresa social que involucra conocimientos, personas, habilidades, estructuras organizativas, métodos, recursos tecnológicos y físicos, y cuyos objetivos son la investigación y explicación del mundo natural —*i.e.*, del mundo que incluye la totalidad de los fenómenos humanos, mentales, físicos y sociales—. A su vez, el término *tecnología* es usado para referirse alternativamente a un conjunto de conocimientos más o menos aplicados derivados de la ciencia, o a conjuntos de artefactos materiales (relojes, microscopios, ordenadores, etc.), o a un complejo de conocimientos, materiales y métodos (por ejemplo, la tecnología del automóvil), o a una actividad cultural humana realizada por un conjunto de personas que incluye artesanos, tecnólogos, ingenieros, etc., y que está orientada a la investigación, desarrollo, producción y operación de artefactos y procesos técnicos.

Por otro lado, en estas mismas discusiones a veces se habla de la ciencia y la tecnología como si conformaran un bloque único e indiferenciado de actividades humanas. Esto se debe en parte a que tales nociones están estrechamente vinculadas[28]. Sus interrelaciones pueden, efectivamente, ejemplificarse de muchas maneras. Por ejemplo, hay un sentido en que el desarrollo tecnológico es esencial para la producción de nuevos resultados científicos. Sin el desarrollo de la tecnología de la observación y experimentación no podrían llevarse a cabo gran parte de las actividades científicas, puesto que no podrían producirse nuevas observaciones, detectar nuevos fenómenos y corroborar nuevas hipótesis[29]. Naturalmente, los vínculos también ocurren en la otra dirección: la ciencia ha provisto de conocimiento bien fundado a la actividad tecnológica para que ésta pudiese desarrollarse fiablemente —por ejemplo, el conocimiento científico de los materiales apropiados para el desarrollo tecnológico de los semiconductores, o el conocimiento científico de nivel molecular para que un ingeniero en

28. La frontera entre la ciencia y la tecnología parecería debilitarse a pasos agigantados. Por ejemplo, un laboratorio de universidad donde se lleva a cabo investigación científica básica no parecería distinguirse de un laboratorio industrial, donde se supone que mayoritariamente se ocupa de las posibles aplicaciones industriales. Algunos autores prefieren ver en estos nuevos modos de producción de conocimientos la emergencia de cambios revolucionarios en las prácticas científicas y tecnológicas. Para analizar estos cambios y sus consecuencias promueven la noción de «tecnociencia», que sustituiría a los conceptos de ciencia y tecnología. Véase, entre otros, Echeverría (2003).

29. Adviértase, a modo de ejemplo, el papel que desempeñan los grandes aceleradores y ordenadores informáticos en la física de partículas contemporánea. Se puede también pensar en los complejos robots que se envían en las naves espaciales para recoger datos.

biotecnología cree cierto organismo con determinadas propiedades comerciales buscadas—[30]. Sin embargo, estas estrechas relaciones no tienen por qué ser un óbice para distinguir los respectivos *relata*, al menos no debería serlo cuando se trata de definir en sentido básico estas dos nociones.

Esta sección se compone de dos apartados. En el primero de los apartados se propone una definición de ciencia y, en el segundo, una definición de tecnología. Se trata de recoger ordenadamente sus múltiples significados, así como de distinguir estas dos actividades humanas[31]. Por otro lado, en cada uno de estos apartados se describen los vínculos internos de carácter elemental que pueden trazarse entre las nociones de ciencia y tecnología con la noción de desarrollo sostenible.

### 2.1. *La noción de ciencia*

En términos generales, la ciencia es caracterizada como una forma de actividad humana orientada hacia la producción de conocimiento teóricamente relacionado de la naturaleza (que incluye tanto a los seres humanos como sus actividades y conductas sociales e individuales) con el propósito de obtener una explicación mejorada del mundo natural sobre la cual elaborar predicciones[32]. Aquí se entenderá por ciencia una clase distintiva de práctica humana cuyas características pueden retratarse atendiendo a sus productos, a los métodos que emplea y a las condicionales sociales e institucionales en las que se desarrolla[33].

30. No sólo se trata de la contribución de la tecnología a la práctica experimental, sino también de la integración de los conocimientos y del método científico en la práctica tecnológica, la cual le permite a esta práctica alcanzar niveles cada vez mayores de control racional de sus propias operaciones.

31. El lector no debe esperar una discusión completa de las nociones de ciencia y tecnología en las secciones siguientes, puesto que el enfoque escogido prioriza una presentación general con el propósito de indicar las posibles relaciones de estas nociones con la respectiva de desarrollo sostenible.

32. Adviértase que esta caracterización está en línea con la definición que promueve la OCDE sobre la investigación básica (2003, 30). Por consiguiente, si incorporáramos la definición de la noción de investigación aplicada, tendríamos una imagen general más completa de la ciencia. La OCDE entiende que la investigación aplicada consiste en «trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos», aunque «está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico» (2000, 30).

33. La definición de la noción de ciencia supone una reflexión metacientífica que toma la ciencia como objeto de estudio. Olivé (2000) ha advertido sobre las dificultades de formular condiciones necesarias y suficientes que deben ser satisfechas por eso que se considera ciencia —aunque esto «no significa que no podamos tener una idea clara

Los productos de la ciencia (*i.e.*, los resultados cognitivos de la práctica de la ciencia) son conocimientos científicos. Los conocimientos científicos dan cuenta del cómo y del porqué del funcionamiento de los objetos de la experiencia (Hempel, 1979). Estos conocimientos comprenden tanto descripciones como, en su forma más elaborada, explicaciones científicas de los fenómenos del mundo —estas últimas suponen la subsunción de un caso en una ley general, la cual puede obtenerse por vía inductiva o por postulación (Von Wright, 1987).

El segundo aspecto de la actividad científica concierne el método de investigación. El método involucra acciones y procedimientos orientados tanto al descubrimiento o hallazgo de nuevos hechos como a la validación de hechos y teorías. El método articula procesos sistemáticos en los que se expresan las actividades científicas, las cuales comprenden la identificación de un problema, la formulación de una hipótesis como potencial respuesta al problema, el diseño y la ejecución de un experimento relacionado con la hipótesis, la evaluación de los resultados del experimento, y la adopción o rechazo de la explicación o del conocimiento probable a la luz de la evaluación anterior.

El tercer aspecto comprende las condiciones sociales amplias e institucionales en las que se desarrolla la ciencia. La ciencia es una institución social; como tal, su práctica está fuertemente profesionalizada, planificada e institucionalizada. No obstante, las relaciones que actualmente mantiene la práctica científica con los planes de desarrollo tecnológico y las necesidades del sistema productivo hacen que la institución social de la ciencia adquiera unas características particulares que afectan en cierto modo a su autonomía —por ejemplo, la ciencia comienza a estar regulada por criterios de planificación y gestión propios del sistema productivo, a ser financiada con fondos privados, algunos de sus conocimientos pierden el carácter de libre disponibilidad y, en cambio, son tratados como mercancías, etcétera[34].

de qué es la ciencia, ni formas de identificarla con precisión» (2000, 47)—. Para este autor, el estudio de qué es la ciencia puede hacerse desde dentro de la propia ciencia («imagen científica de la ciencia»), desde fuera de la propia ciencia («imagen filosófica de la ciencia») o desde la imagen pública de la ciencia (formada, en particular, por los medios de comunicación de la ciencia y, en general, por los medios de comunicación masivos). Aquí se adopta la sugerencia, compartida por diferentes autores —por ejemplo, Broncano (2003), Samaja (1999) y Vega (2001)—, de que la ciencia puede caracterizarse atendiendo a su producto, a su método y a sus condiciones de realización —esta sugerencia, si bien procede, en general, de la «imagen filosófica de la ciencia», incorpora elementos de la «imagen científica de la ciencia».

34. Agazzi (1996, 131-178) resume el proceso histórico de autonomización de la ciencia. Echeverría (2003, 61-148) presenta un análisis de las transformaciones insti-

En los párrafos anteriores se ha ofrecido una definición básica de la noción de ciencia según una breve caracterización de sus tres aspectos básicos: sus productos, su método y sus condiciones socioinstitucionales de producción. Ahora se trata de examinar las relaciones entre las actividades científicas y el desarrollo sostenible. Naturalmente, existen muchas maneras en que la ciencia se relaciona con el desarrollo sostenible. Sin embargo, aquí se propone que se empleen los tres aspectos o componentes básicos, mediante los cuales se ha descrito la ciencia, para introducir estas relaciones desde un punto de vista interno a la misma ciencia.

Desde este punto de vista habría, entonces, tres ejes predominantes que pueden heurísticamente emplearse para explorar las relaciones entre la ciencia y el desarrollo sostenible. Por un lado, está el eje de los productos cognitivos de la ciencia, esto es, los conocimientos básicos y aplicados que resultan de la actividad científica. Puede trazarse un nexo directo entre la calidad de estos conocimientos (altamente fiables y objetivos) que elabora la ciencia y la cuestión del desarrollo sostenible. Los productos cognitivos de la actividad científica constituyen las representaciones de la realidad sobre las cuales se diseñan las acciones de intervención que demandan los problemas del desarrollo sostenible. Sin información fiable sobre los estados y procesos materiales en sus diferentes niveles de organización (químico, biológico, psíquico, social, etc.), no habría siquiera posibilidad de intervenir sobre ellos para prevenir o producir cambios —por ejemplo, el conocimiento científico puede decirnos la probabilidad de que, satisfechas ciertas condiciones, ocurra un suceso de una clase determinada—. Por consiguiente, esta clase de conocimiento puede darnos información sobre los impactos de las acciones humanas sobre los diferentes ecosistemas de la Tierra[35]. No obstante, este eje de los productos cognitivos de la ciencia no sólo se refiere a la constitución de representaciones fiables de la realidad, sino que también se enlaza, aunque indirectamente, con los procesos políticos de toma de decisiones sobre asuntos que afectan claramente al desarrollo sostenible. Los conocimientos que produce la

tucionales recientes de la ciencia. Asimismo, véase Broncano (2003, 441-516), quien examina el trasfondo filosófico de estas transformaciones.

35. Algunos pesimistas sostienen que, en gran parte de las ocasiones, la información científica es incompleta y no concluyente. Sin embargo, el conocimiento científico es el conocimiento más fiable del que disponemos. Además, reconocer que nuestro conocimiento científico es limitado y provisional, esto es, que existen límites en cada momento respecto de lo que podemos conocer científicamente y predecir, supone al mismo tiempo aceptar la necesidad de actuar a partir del estado actual del conocimiento científico que poseemos.

ciencia, en tanto que involucran información de calidad, son insumos insustituibles para cualquier discusión pública de políticas relacionadas con el desarrollo sostenible[36].

Por otro lado, está el eje del método de la ciencia. El método de la ciencia conlleva un conjunto de acciones para construir, aumentar y garantizar la calidad epistémica de nuestras representaciones fiables sobre la realidad. El método es, en este sentido, el procedimiento que articula las relaciones entre el momento teórico y el momento experimental de la práctica científica. Sin embargo, ¿cómo podríamos trazar alguna relación entre el método propio de la actividad científica y las cuestiones generales del desarrollo sostenible? Si bien *prima facie* son asuntos que se corresponden con ámbitos diferentes (el método de la ciencia comprende las actividades que estructuran la producción de conocimiento científico teórico y empírico, mientras que las cuestiones del desarrollo sostenible abarcan problemas, metas de políticas, etcétera), debe observarse lo siguiente: el método de la ciencia es el responsable de la calidad epistémica de nuestras representaciones de la realidad. Por consiguiente, la fiabilidad de nuestros conocimientos sobre los diversos asuntos involucrados en el desarrollo sostenible depende de que se sigan las pautas y se cumplan los controles propios del método de la ciencia. Si el conocimiento científico es *conditio sine qua non* para enfrentar los desafíos del desarrollo sostenible, también lo es el método de la ciencia en tanto que productor de esos conocimientos. No obstante, también debe realizarse el siguiente señalamiento. El método de la ciencia representa un modelo de actividad racional de experimentación con la realidad para su conocimiento —*i.e.*, un modelo de generación de datos, puesta a prueba de conjeturas o hipótesis, etc.—. Y puesto que la cuestión del desarrollo sostenible demanda muchas veces soluciones locales, en las cuales hay que integrar, a las acciones que se diseñan, conocimientos escasamente formalizados, provenientes de prácticas técnicas ancestrales, el método de la ciencia, en su condición de operatoria racional, tendría la función de proveer un test de

36. La compilación de estudios de Kasemir *et al.* (2003) es un buen ejemplo del empleo del conocimiento científico por parte de los ciudadanos que, a través de diferentes modalidades participativas, se implican en los procesos de debate público y toma de decisiones que involucran políticas relacionadas con el desarrollo sostenible. En particular, el estudio de Kasemir dentro del mencionado volumen se refiere al cambio climático. Un claro ejemplo que muestra la necesidad de los ciudadanos de disponer de conocimiento científico para comprender un asunto que contiene sistemas sociales y medioambientales fuertemente asociados a través de diferentes escalas espaciales, complejas interacciones resultantes, y largos intervalos de tiempo entre las intervenciones y las consecuencias.

calidad para esos conocimientos y un procedimiento de sistematización, lo cual permitiría su uso eficiente.

En tercer lugar, está el eje de las condiciones socioinstitucionales de la práctica de la actividad científica. Éste es uno de los ejes más relevantes para la cuestión que aquí nos ocupa. Como señala Ladriere:

> Desde la Segunda Guerra Mundial, la ciencia —o más exactamente la investigación científica— se ha convertido en un factor político al que todos los Estados conceden atención prioritaria, porque es evidente que la capacidad de utilizar los recursos de la ciencia constituye un componente esencial de la fuerza económico-política de una colectividad (1977, 24).

Por consiguiente, dentro de este eje tendríamos los programas de investigación científica que se promueven y financian en el mundo actual. Este eje comprendería directamente, entonces, los lineamientos de política científica que planifican y ejecutan los Estados nacionales y las organizaciones gubernamentales supranacionales (por ejemplo, la Comunidad Económica Europea).

Desde este eje, el análisis de las relaciones entre la ciencia y el desarrollo sostenible consistiría en un relevamiento empírico de los grandes programas de investigación, especialmente de sus objetivos explícitos e implícitos, para analizar si están vinculados o no, y de qué maneras, a las cuestiones propias del desarrollo sostenible. Esta modalidad de trabajo podría, a su vez, dar lugar a un corpus de información fundamental para elaborar, además, sobre su base, análisis conceptuales sobre las políticas científicas diseñadas por los diferentes agentes nacionales o supranacionales[37]. Por otro lado, a este eje también le corresponde la discusión del papel que le cabe desempeñar a la ciencia en tanto que actividad humana específica que promueve determinados valores, en el contexto de las sociedades actuales que han decidido promover el desarrollo sostenible. Así, en esta dimensión no sólo se juega la relación interna entre la ciencia y el desarrollo sostenible y el logro de los objetivos que se plantea la actividad científica, sino también las implicaciones sociales, éticas y políticas que se siguen de la promoción de unos determinados objetivos de investigación.

37. Las preguntas elementales para las cuales se buscarían respuestas desde este punto de vista serían del siguiente tipo: ¿Está presente la agenda del desarrollo sostenible en el diseño de los grandes programas de investigación? ¿Se financian programas de investigación relacionados con el estudio de la interdependencia entre los sistemas económicos, sociales y medioambientales?, etcétera.

Finalmente, es pertinente realizar un comentario sobre los términos de *ciencia sostenible*, que a veces aparecen en la literatura sobre ciencia, tecnología y desarrollo sostenible. Estos términos se refieren a un programa de investigación que plantea una reestructuración de la actividad científica exigida por la complejidad del problema que supone el desarrollo sostenible. La cuestión es qué se entiende por reestructuración en este caso. Quienes promueven este programa de investigación consideran que es esencial enfrentar la complejidad de las interacciones dinámicas entre la naturaleza y la sociedad, reconociendo que el estudio separado de los componentes individuales de los sistemas naturaleza-sociedad es insuficiente para entender el comportamiento de los sistemas mismos. Sin embargo, no nos encontraríamos ante una reestructuración de la actividad científica que supondría un cambio en la naturaleza misma de la ciencia; por el contrario, como acertadamente señalan Clark y Dickson (2003), sólo se trataría de la promoción de un enfoque que busca la reorientación y puesta en común de los distintos recursos metodológicos y conceptuales de las disciplinas científicas para enfrentar el problema del desarrollo sostenible en todas sus aristas —esto es, la conjunción de los aspectos medioambientales, sociales y económicos—. Los promotores de este programa hablan de reestructuración de la ciencia, puesto que consideran que la actividad científica ha de *a*) estar enfocada hacia la resolución de problemas particulares; *b*) tener el objetivo de producir conocimiento para aplicarlo en los procesos de decisión sobre el desarrollo sostenible; *c*) considerar que el conocimiento, para ser realmente útil, tiene que ser producido en prácticas de colaboración entre investigadores especialistas y profesionales; y *d*) constituir una base de información fiable para el diseño y la aplicación de políticas integradas a los problemas del desarrollo sostenible. Sin embargo, no hay razones suficientes para afirmar que estas reestructuraciones afectarían la naturaleza misma de la actividad científica en los términos en que ha sido descrita.

### 2.2. *La noción de tecnología*

Como se ha señalado más arriba, la noción de tecnología es una noción imprecisa. Por ejemplo, este término se emplea para hacer referencia a una clase de conocimientos derivados de la ciencia, así como a unos métodos o a un conjunto de artefactos materiales o a una actividad cultural humana. Siguiendo el enfoque de la praxiología (Kotarbinski, 1965), caracterizaremos a la tecnología como una forma especial

de acción humana[38]. En términos generales, la tecnología es la forma más valiosa de transformación intencional de la realidad con el propósito de adecuarla a las necesidades y deseos humanos. Las acciones tecnológicas son acciones humanas intencionales que presentan los siguientes rasgos básicos: *a*) son acciones guiadas por creencias bien establecidas, esto es, son acciones que se realizan siguiendo un conjunto sistemático y planificado de reglas, procedimientos o instrucciones asegurados por el mejor conocimiento disponible[39]. *b*) Se trata de acciones que están orientadas hacia la transformación y el control de eventos, objetos y sistemas concretos. Por consiguiente, estas acciones se agrupan en dos grandes ramas: por una parte, las acciones de producción, fabricación o ejecución y, por otra, las acciones de organización, gestión y control (Bunge, 1985; Quintanilla, 1989). *c*) Son acciones encauzadas para obtener de forma eficiente objetivos valiosos. Por consiguiente, son acciones cuya planificación resulta de haber considerado los medios más adecuados para alcanzar la satisfacción de los mejores objetivos. *d*) Son acciones instrumentales estratégicas de segundo orden (Elster, 1997; Broncano, 2000), puesto que emplean como medios adecuados los productos de acciones tecnológicas anteriores. O dicho de otro modo, son acciones que se realizan dentro de la realidad por medio de artefactos para producir otros artefactos. *e*) Son acciones que no necesariamente se componen de otras acciones tecnológicas (Quintanilla, 1989; Liz, 1995). En su condición de acciones instrumentales estratégicas de segundo orden (véase el punto *d*), las acciones tecnológicas entrañan la manipulación

38. Es habitual —véase, por ejemplo, Quintanilla (2005)— definir genéricamente el concepto de técnica y luego distinguir entre técnicas artesanales y técnicas industriales o de base científica (*i.e.*, basadas tanto en el método de la ciencia como en conocimientos científicos), para las cuales se reserva el término *tecnología*. Sin embargo, aquí se sigue un enfoque que define la tecnología a partir de caracterizar la naturaleza de las acciones que la constituyen. A partir de este enfoque podría, posteriormente, analizarse qué características comparten las acciones técnicas con las tecnológicas y cuáles las diferencian. Una manera de hacerlo sería, por ejemplo, decir que las acciones tecnológicas se distinguen de las acciones técnicas porque las primeras, a diferencia de las segundas, están basadas en la ciencia. Sin embargo, una discusión completa de este asunto excede los límites de este trabajo.

39. La expresión *mejor conocimiento disponible* puede emplearse para referirse a dos contenidos no excluyentes, a saber, tanto al conocimiento científico como al conocimiento que emerge de las prácticas técnicas concretas. Las situaciones reales de intervenciones tecnológicas admiten combinaciones, esto es, conjuntos de reglas y procedimientos asentados en conocimientos científicos y conjuntos de reglas y procedimientos derivados del conocimiento técnico proveniente de las prácticas tecnológicas particulares, concretas y contingentes. Para un análisis de estas dos fuentes, véase Lawler (2006).

y el uso de medios adecuados (artefactos). Dentro de acciones tecnológicas complejas, esto conlleva la activación de diferentes máquinas para producir otros artefactos. Esto implica la ocurrencia de acciones no intencionales entre los componentes materiales del conjunto de los medios y de estos componentes sobre los agentes de la acción. *f*) Finalmente, la naturaleza del agente de las acciones tecnológicas. Éstas son acciones que pueden ser concebidas y realizadas por individuos, colectivos de individuos o representantes diseñados por ellos —con independencia de si son acciones de producción, fabricación y ejecución, o acciones de organización, gestión y control.

Estas características hacen que las acciones tecnológicas comprendan un ámbito axiológico propio. Como se señaló en el punto *c*, las acciones tecnológicas son acciones planificadas y realizadas para obtener de manera eficiente objetivos socialmente valiosos. Por consiguiente, son acciones cuyo diseño resulta de haber considerado los medios más adecuados para alcanzar la satisfacción de los mejores objetivos. Este rasgo plantea las dos cuestiones axiológicas fundamentales de la acción tecnológica. Por una parte, la evaluación de la acción en su naturaleza de acción tecnológica: cómo realizar las acciones con creciente grado de eficiencia —donde «eficiencia» es un nombre genérico para un conjunto de valores praxiológicos, eficiencia técnica, eficacia, productividad, etc., que constituyen el contexto evaluativo natural de estas acciones (Kotarbinski, 1965; Quintanilla y Lawler, 2000)—. Por otra parte, plantea la evaluación de los objetivos que, en su condición de deseos o necesidades humanas, implican representaciones precisas de qué es posible, qué es deseable y qué debe evitarse. Se trata de objetivos cuyo contenido resulta generalmente de la combinación del aprovechamiento de oportunidades prácticas objetivas, que abren las acciones tecnológicas mismas, y la adopción de intereses, valores y fines sociales amplios[40]. En consecuencia, la evaluación de las accio-

40. La generación de oportunidades prácticas objetivas, cuyo contenido se recoge luego en los objetivos que persiguen las acciones tecnológicas, está auspiciada por el caudal de medios tecnológicos y no tecnológicos disponibles y perceptibles desde una cultura científico-técnica determinada (véase Broncano, 2000 y Quintanilla, 1999). Naturalmente, objetivos, resultados y cursos de acción técnica han de satisfacer tres condiciones (o posibilidades) básicas: han de ser posibles lógica, física y técnicamente. Es decir, no han de ser lógicamente inconsistentes, ni pueden violar las posibilidades físicas establecidas por las leyes científicas, ni ser técnicamente irrealizables. Este último punto es especialmente importante por lo que hace a la disponibilidad de medios técnicos (artefactos) y capacidades suficientes para manipular pragmáticamente factores causales a fin de obtener los objetivos o resultados deseados y, además, científicamente posibles (Broncano, 2000; Niiniluoto, 1993).

nes tecnológicas comprende una valoración de la estructura de la acción tecnológica misma, para lo cual se emplean los valores praxiológicos mencionados, así como una valoración de los objetivos que se persiguen, para lo cual se consideran los intereses sociales, éticos y políticos de la comunidad en la cual se planifican y realizan tales acciones[41].

Este enfoque sobre la tecnología, basado en la caracterización de las acciones que la constituyen y en su respectiva esfera axiológica, permite plantear de forma clara y simple las relaciones entre la tecnología y el desarrollo sostenible. Si el desarrollo sostenible propone escenarios donde se conjuguen adecuadamente crecimiento económico, desarrollo social y preservación del medio ambiente, entonces no es posible cualquier intervención transformadora de la realidad. El desarrollo sostenible implicaría constricciones al modo en que debe estructurarse el desarrollo tecnológico, y esto supondría directrices que afectan tanto al diseño de la estructura misma de la acción tecnológica como a la selección de los objetivos perseguidos. Por consiguiente, si no se entendiese la naturaleza de la acción tecnológica y de su ámbito axiológico propio, se restringirían nuestras posibilidades de aprehender cómo el desarrollo sostenible se relaciona con la tecnología a través de los procesos de desarrollo tecnológico.

Por tanto, articular la tecnología con el desarrollo sostenible a través de sus lazos más elementales significa discutir cómo habrán de diseñarse nuestras acciones tecnológicas. Las acciones tecnológicas no sólo tendrán que asumir, como objetivos socialmente valiosos de transformación del mundo, las metas del desarrollo sostenible, sino que, además, deberán volverse tecnológicamente más eficientes, más eficaces, más productivas, etc. Si miramos esta situación desde la perspectiva del agente de las acciones tecnológicas, la relación entre éstas y el desarrollo sostenible se entiende como un asunto de aumento de la capacidad de control racional del agente en sus transformaciones de la realidad, las cuales lleva a cabo según unos objetivos social, ética y políticamente valiosos.

Son muchos los problemas involucrados en la estructuración del desarrollo tecnológico en función de los objetivos del desarrollo sostenible. No obstante, la caracterización que se ha realizado de la ac-

41. El hecho de que la evaluación de la racionalidad de la estructura de la acción tecnológica no sea independiente de la reflexión sobre la relación de los objetivos con los valores praxiológicos y los intereses sociales amplios de una comunidad hace de la acción tecnológica una acción práctica en sentido pleno —y no meramente una acción instrumental.

ción tecnológica permite retratar elementalmente las cuestiones más relevantes. Por una parte, la discusión de qué objetivos perseguir en la planificación y realización de acciones tecnológicas. Por otra parte, el diseño de la estructura de la acción tecnológica para una transformación eficiente, en sentido genérico, de la realidad. La primera cuestión trataría sobre cómo elaborar aquellas posibilidades de acción que, siendo tecnológicamente valiosas y posibles, se vuelven social y moralmente legítimas. Se trata de imaginar objetivos compatibles con el ideario del desarrollo sostenible. La segunda cuestión especificaría el conjunto de aquellas posibilidades de acción transformadora que son tecnológicamente valiosas[42].

La noción de *alternativa tecnológica* (Quintanilla, 2009) permite capturar sistemáticamente estas dos cuestiones. Una acción tecnológica puede caracterizarse a partir de sus objetivos y resultados. Los objetivos de una acción tecnológica involucran al conjunto de los estados del mundo que esa acción pretende conseguir transformándolo. Los resultados, a su vez, son el conjunto de estados del mundo que efectivamente cambian como resultado de esa acción tecnológica. Una *alternativa tecnológica* a una acción tecnológica dada es otra acción tecnológica que comprende *a*) los mismos objetivos alcanzados por la acción tecnológica original, pero supone un incremento en los valores que caracterizan la transformación eficiente del mundo y/o *b*) propone nuevos objetivos compatibles con los objetivos alcanzados por la acción tecnológica original.

Veamos, a continuación, estos dos asuntos. Si se repara en las relaciones que pueden trazarse entre los conjuntos de resultados y objetivos de una acción tecnológica, se pueden extraer los distintos valores comprendidos en la expresión genérica *transformación eficiente del mundo*. Esta expresión genérica comprende, al menos, los valores praxiológicos de eficiencia técnica, eficacia, productividad y ajuste. Si se representaran en conjuntos comparables los resultados y objetivos de una acción tecnológica, el valor de eficacia de la acción representaría el grado en que los objetivos conseguidos coinciden con los pretendidos; el valor de ajuste representaría el grado en que los objetivos conseguidos se ajustan a los resultados reales; el valor de productividad de una acción tecnológica representaría la relación entre los objetivos conseguidos y los resultados no pretendidos (el valor de éstos puede interpretarse como el coste de la acción); y el valor de eficien-

42. Ambas cuestiones están íntimamente relacionadas. O dicho de otro modo, la racionalidad intrínseca de la acción tecnológica no sería independiente de la racionalidad social y política, representada básicamente en los objetivos que persigue la acción.

cia técnica representaría una función de la eficacia y el ajuste, esto es, en términos del grado de ajuste entre los fines deseados y los resultados de hecho obtenidos cuando ha operado la acción tecnológica[43]. De este modo, una alternativa tecnológica a una acción tecnológica dada comprendería un aumento en alguno o en todos estos valores. Por otro lado, una alternativa tecnológica puede comprender la introducción de nuevos objetivos[44]. De este modo se puede capturar la intuición de acciones tecnológicas que, compatibles con las acciones tecnológicas existentes, supongan la realización de nuevos objetivos, que no sólo recogerían nuevas necesidades y deseos sociales, sino que excluirían consecuencias sociales, económicas, culturales, medioambientales, etc., no queridas. En resumen, la noción de *alternativa tecnológica* señala el modo en que el desarrollo sostenible se articula con la tecnología capitalizando la base tecnológica existente[45].

Las discusiones en relación con la noción de tecnología apropiada pueden comprenderse como parte de las discusiones sobre las alternativas tecnológicas. Hay un sentido trivial en que toda tecnología es apropiada, puesto que se puede decir de cada clase de tecnología que es apropiada para alguna circunstancia o lugar. A pesar de ello, hay un sentido preciso en que puede hablarse de tecnología apropiada, y este es el sentido que aquí interesa. En términos generales, la tecnología apropiada puede ser definida como un proceso que implica la identificación, traslación e implementación de la tecnología más adecuada

43. Para una elaboración completa de estos valores intrínsecos, véase Quintanilla y Lawler (2000) y Quintanilla (2005).

44. Este modo de valoración de la acción tecnológica racionaliza la estructuración de esta acción para producir ciertos objetivos y resultados previamente representados. Entre otras cosas, esto supone una aprehensión correcta de qué procesos causales han de ser manipulados pragmáticamente y con qué medios técnicos (artefactos) del conjunto de los disponibles. La manipulación de esos procesos a través del empleo y ensamblaje de estos medios implica la composición de planes de acción técnica. La realización de estos planes puede evaluarse atendiendo a la relación entre los objetivos propuestos y los resultados obtenidos una vez ejecutadas las acciones técnicas que los conforman. Y esta evaluación acontece con independencia de consideraciones morales o sociales amplias sobre los objetivos y resultados. Esto supondría un juicio sobre la capacidad real de transformación y control de la realidad que poseen esos planes y sus acciones respectivas. Los valores de eficiencia, eficacia, productividad y ajuste capturarían, por consiguiente, el modo en que se expresa esa capacidad intrínseca de las acciones técnicas, y lo harían desde el punto de vista de su constitución y realización, esto es, evaluando, en definitiva, la gramática de su composición.

45. La noción de alternativa tecnológica no debe confundirse con la noción, en general muy ambigua, de tecnología alternativa. Para una discusión de esta noción, véase Vega (2004).

para un conjunto de condiciones dadas[46]. Estas condiciones generalmente incluyen factores sociales que exceden los constreñimientos económicos y técnico-ingenieriles habituales. Su identificación demanda prestar atención a un conjunto de valores y necesidades humanas que puede influir en cómo la tecnología afecta a la nueva situación. Por tanto, la condición de *apropiada* de una tecnología puede ser analizada prestando atención, por ejemplo, a la escala, las habilidades técnicas y de gestión, los materiales y la energía, el medio ambiente físico y social y los valores humanos. Teniendo en cuenta este marco, la Oficina del Congreso de los Estados Unidos para la Evaluación de la Tecnología (OTA, 1981), por ejemplo, caracteriza la tecnología apropiada como la tecnología de pequeña escala, eficiente en su consumo de energía, no dañina para el medio ambiente, intensiva en trabajo y controlada por la comunidad local. A esto puede agregarse que la tecnología ha de ser lo suficientemente simple como para ser mantenida por la gente que la usa[47]. Por tanto, una intuición central contenida en la noción de tecnología apropiada es que la tecnología debe ajustarse, tanto en complejidad como en escala, a la necesidad existente y al usuario[48]. Así, la noción de tecnología apropiada puede verse como una elaboración de lo que son las alternativas tecnológicas, puesto que la primera puede comprender tanto la introducción de nuevos objetivos como también el incremento de los valores praxiológicos que caracterizan la estructura de la acción tecnológica. Ejemplos de tecnologías apropiadas son, entre mucha otras, las siguientes: paneles fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica; en el ámbito de la salud, la terapia de rehidratación oral para combatir la diarrea infantil; en la esfera de la agricultura, los procedimientos para el cultivo intensivo de vegetales con artefactos técnicos de mano y sin empleo de fertilizantes, etcétera.

## 3. A MODO DE CONCLUSIÓN

Si bien casi todas las teorías del desarrollo, interpretado éste en clave económica, han reconocido el papel de los cambios científicos y

46. El término *traslación* se emplea siguiendo a Vega (2004).

47. El movimiento contemporáneo a favor de la tecnología apropiada puede ser atribuido a Schumacher (1973), un economista británico, cuyas ideas inspiraron la creación del Grupo de Desarrollo de Tecnología Intermediaria, que publica la revista *Appropiate Technology*.

48. Ésta es una intuición que se recoge fácilmente si se advierte que no hablaríamos de una tecnología apropiada allí donde la tecnología no se ajusta al usuario ni a la necesidad.

tecnológicos en los procesos de crecimiento económico[49], la noción de desarrollo sostenible parecería guiar nuestra atención hacia la otra cara de la moneda, a saber, hacia los costos y límites medioambientales y sociales, tanto actuales como futuros, que comportan los procesos de industrialización y acumulación de riquezas que se asientan sobre la ciencia y la tecnología[50]. Si, como efectivamente sugiere la noción de desarrollo sostenible, el desarrollo debe ser pensado de un modo radicalmente diferente, las prácticas científicas y tecnológicas, en general acopladas a una interpretación exclusivamente económica del desarrollo, tienen que reorientarse hacia el logro de las metas del desarrollo sostenible.

Esta reorientación de la actividad científica y tecnológica estaba ya sugerida en el informe de la Comisión Brundtland. Para esta comisión, las actividades científicas y tecnológicas debían enfocarse hacia el estudio e identificación de los factores esenciales que determinan los complejos problemas del desarrollo sostenible, así como hacia la generación de modos racionales de intervención sobre los sistemas y procesos físicos con el propósito de expandir los límites de la utilización sostenible de los recursos naturales. Se les adjudicaba a la ciencia y a la tecnología un papel clave en la interpretación del medio ambiente como potencial activo (y no ya como mera restricción), que puede transformarse respetando los valores fundamentales del desarrollo sostenible. Sin embargo, en el informe Brundtland, la ciencia y la tecnología han adquirido, en relación con el desarrollo sostenible, una importancia que no sólo concierne a la función que les cabe a las instituciones científicas y tecnológicas en el análisis de los problemas de esta clase de desarrollo sostenible, sino que también alcanza a la generación de nuevas capacidades científicas y tecnológicas en la sociedad. En definitiva, la ciencia y la tecnología están llamadas a desempeñar un papel catalizador en el logro de un equilibrio óptimo entre el crecimiento económico y la sostenibilidad social y medioambiental.

49. Véase Freeman (1974). Asimismo, para el análisis de la función que tuvieron la ciencia y la tecnología en las transformaciones económicas y sociales que acompañaron a la Revolución Industrial desde sus comienzos, véase Rosenberg (1976).

50. Esta situación puede ejemplificarse a través del rostro bifronte que presenta la innovación tecnológica en relación con el desarrollo sostenible. Por una parte, la innovación tecnológica en áreas como la salud pública y la agricultura es responsable de gran parte del mejoramiento del bienestar humano a lo largo del siglo pasado. Sin embargo, gran parte de los problemas que englobamos bajo la noción de desarrollo sostenible provienen de las consecuencias no queridas de los desarrollos tecnológicos, especialmente, de aquellos dedicados al aumento de la producción y extracción de los recursos naturales.

Pero no sólo se trata de la importancia de la ciencia y la tecnología para el desarrollo sostenible; también está la cuestión de la manera en que los objetivos del desarrollo sostenible guían de algún modo la empresa científica y tecnológica. Esto se advierte rápidamente cuando se repara en que, si bien los avances en la ciencia están abriendo nuevos dominios de potencial innovación tecnológica con consecuencias virtualmente amplias para las intervenciones en la salud humana, el suministro de energía, la producción de alimentos y la ingeniería medioambiental, esta generación de conocimientos, que acarrea esperanzas para la humanidad, también acerca nuevos riesgos para las sociedades. Por ejemplo, los nuevos recursos tecnológicos —como la ingeniería genética—, aunque evidencian el potencial que poseen para liberarnos de algunos constreñimientos medioambientales, pueden implicar, al mismo tiempo, la emergencia de hechos medioambientales, tecnológicos y relacionados con la salud humana, desconocidos. En consecuencia, el desarrollo sostenible, la ciencia y la tecnología se requieren mutuamente. Esta relación de mutuo requerimiento puede graficarse del siguiente modo. La promoción de la ciencia, la tecnología y la innovación para el desarrollo sostenible requerirá las contribuciones de éstas en función de criterios de sostenibilidad. La orientación normativa del desarrollo sostenible deberá guiar el trabajo científico, así como el desarrollo y las aplicaciones de las tecnologías, hacia innovaciones que respeten los valores fundamentales del desarrollo sostenible, por ejemplo, la recuperación de los ecosistemas, la atenuación de los impactos del cambio climático global, la eficiencia energética y la promoción de las capacidades de resolución de problemas de las comunidades locales (Gallopín, 2002 y 2003; Funtowicz, Ravetz y O'Connor, 1998). Pero, al mismo tiempo, la ciencia y la tecnología habrán de proporcionar el conocimiento básico relevante para comprender el modo en que se vinculan los aspectos políticos, demográficos, económicos, biológicos, culturales, económicos y ecológicos para lograr el desarrollo sostenible. Las ciencias sociales y naturales, así como las humanidades y las ciencias ingenieriles, convergiendo creativamente en el análisis de los problemas que enlazan factores medioambientales, biológicos, físicos, políticos, culturales, económicos, tecnológicos y sociales fijarán las condiciones de posibilidad del desarrollo sostenible.

Los respectivos apartados sobre las nociones de ciencia y tecnología delinearon las conexiones internas básicas que pueden trazarse entre estas nociones y la noción de desarrollo sostenible. En particular, se señaló la importancia de la práctica científica como productora de conocimientos objetivos, que obedecen a criterios estrictos de

validez, intersubjetividad y utilidad epistémica. A su vez, se especificó la relevancia de la tecnología en tanto que acción intencional de transformación del mundo que supone la busca de crecientes grados de eficacia, eficiencia, productividad y ajuste en el logro de sus propósitos, que es capaz de evaluarse críticamente y corregirse, que está guiada por representaciones del mundo fiables (información) y que saca partido del conocimiento de las leyes de funcionamiento de los sistemas empleados. Sin embargo, hay que advertir que si bien la ciencia y la tecnología desempeñan un papel clave para lograr las metas del desarrollo sostenible en el largo plazo, ellas no deben ser percibidas como factores exógenos que determinan las condiciones de bienestar social y económico de una sociedad, con completa independencia de sus características históricas y culturales. La relación entre la ciencia, la tecnología y las sociedades es de interacción y mutua influencia. Los conocimientos, las representaciones, las reglas, las actitudes y contenidos axiológicos intervienen en el papel que desempeñan la ciencia y la tecnología en el desarrollo de las diferentes sociedades. Al mismo tiempo, la difusión de los productos resultantes de las actividades científicas y tecnológicas transforma las estructuras sociales y los comportamientos y creencias de los individuos. Esta configuración hace que la ciencia y la tecnología no funcionen como variables independientes en ningún proceso de desarrollo sostenible. Ellas forman parte de un ámbito humano, económico, social y cultural con particularidades configuradas por la historia. La ciencia y la tecnología es un subsistema social con su propia capacidad de cambio (relativamente autónomo) dentro de un sistema social mayor, del cual se diferencia o al cual se asimila según determinadas realidades históricas —*i.e.*, materiales, culturales y políticas.

## BIBLIOGRAFÍA

Agazzi, E. (1996), *El bien, el mal y la ciencia. Las dimensiones éticas de la empresa científico-tecnológica*, Tecnos, Madrid.

Berkedal, C. (2000), «Spirituality and sustainability», en J. Schmandt y C. H. Ward (eds.), *Sustainable Development. The Challenge of Transition*, Cambridge University, Cambridge, 101-112.

Bergh, J. C. J. M. van den (1996), «Sustainable Development and Mangement», en Íd., *Ecological Economics and Sustainable Development: Theory, Methods and Applications*, Edward Elgar, Cheltentham, 53-79.

Boron, S. y Murray, K. (2004), «Brindging the unsustainability gap: a framework for sustainable development»: *Sustainable Development*, 12, 65-73.

Broncano, F. (2000), *Mundos artificiales. Filosofía del cambio tecnológico*, Paidós, México.

Broncano, F. (2003), *Saber en condiciones*, Machado, Madrid.
Brundtland, G. H. (1987), *Our Common Future*, Oxford University Press, New York.
Bunge, M. (1985), *Treatise on Basic Philosophy*, vol. 7, part II: *Life Science, Social Science and Technology*, Reidel, Dordrecht.
Carpenter, S. (1995), «When are technologies sustainable?»: *Society for Philosophy and Technology*, 1/1-2, 1995.
Carson, R. (1965), *Silent Spring*, Penguin, London.
Carter, N. (2001), *The Politics of Environment – Ideas, Activism, Policy*, Cambridge University Press, Cambridge.
Clark, W. y Dickson, N. (2003), «Sustainability science: The emerging research program»: *PNAS*, 100/14, 8059-8061.
Daly, H. (1966), *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*, Beacon, Boston (Mass).
Daly, H. (1990), «Towards some operational principles of sustainable development»: *Ecological Economics*, 2, 1-6.
Daly, H. (2000), «Uneconomic growth: Empty-world versus full-world economics», en J. Schmandt y C. H. Ward (eds.), *Sustainable Development. The Challenge of Transition*, Cambridge University Press, Cambridge, 63-77.
Dehesa, G. (2003), *Globalización, desigualdad y pobreza*, Alianza, Madrid.
Drengson, A. e Inoue, Y. (eds.) (1995), *The Deep Ecology Movement: An Introductory Anthology*, North Atlantic Books, New York.
Echeverría, J. (2003), *La revolución tecnocientífica*, Fondo de Cultura Económica, Madrid.
Ehrlich, P. y Ehrlich, A. (1972), *Population, Resources and Environment. Issues in Human Ecology*, W. H. Freeman, San Francisco.
Ehrlich, P. y Ehrlich, A. (1990), *The Population Explosion*, Simon and Schuster, New York.
Elster, J. (1997), *El cambio tecnológico. Investigaciones sobre la racionalidad y la transformación social*, Gedisa, Madrid.
Esteva, G. (2000), «Development», en W. Sach (ed.), *The development dictionary*, Zed-Books, London.
Foster, J. (2002), *Ecology Against Capitalism*, Monthly Review Press, New York.
Foster, J. (ed.) (1997), *Valuing Nature? Economics, Ethics and Environment*, Routledge, London.
Freeman, Ch. (1974), *The Economics of Industrial Innovation*, Penguin Books, Harmondsworth.
Funtowicz, S. O., Ravetz, J. R. y O'Connor, M. (1998), «Challenges in the Utilisation of Science for Sustainable Development»: *International Journal of Sustainable Development*, 1/1, 99-108.
Gallopín, G. (2002), «The challenge posed by sustainable development to science and technology»: *Interciencia*, 27/8, 390.
Gallopín, G. (2003), *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico*, Naciones Unidas, Santiago de Chile.

García, E. (2004), *Medio ambiente y sociedad. La civilización industrial y los límites del planeta*, Alianza, Madrid.
Gardner, G. (2002), «Rio+10: Sustainable Development Revisited»: *IJTM&SD*, 1/2, 66-86.
Goulet, D. (1999), *Ética del desarrollo. Guía teórica y práctica*, IEPALA, Madrid.
Hamilton, C. (2006), *El fetiche del crecimiento*, Laetoli, Pamplona.
Hempel, C. (1979), *La explicación científica*, Paidós, Buenos Aires.
Kasemir, B. *et al.* (2003), *Public Participation in Sustainability Science. A Handbook*, University of Cambridge, Cambridge.
Kates, R., Parris, T. y Leiserowitz, A. (2005), «What is sustainable development? Goals, Indicators, Values, and Practice»: *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 47/3, 8-21.
Kotarbinski, T. (1967), *Praxiology*, Oxford Clarendon Press, Oxford.
Ladriere, J. (1977), *El reto de la racionalidad*, Sígueme, Salamanca.
Lawler, D. (2006), «La estructura de la acción técnica y la gramática de su composición»: *Scientiae Studia*, 4/3.
Liz, M. (1995), «Conocer y actuar a través de la tecnología», en F. Broncano (ed.) (1995), *Nuevas meditaciones sobre la técnica*, Trotta, Madrid, 23-52.
Martínez Alier, J. y Roca Jusmet, J. (2000), *Economía ecológica y política ambiental*, PNUMA-FCE, México.
Meadows, D. H. *et al.*(1972), *The Limits of Growth*, Universe, New York.
Mebratu, D. (1998), «Sustainable and Sustainable Development: Historical and Conceptual Review»: *Environmental Impact Assessment Review*, 18/6, 493-520.
Mitcham, C. (1995), «The Concept of Sustainable Development: its Origins and Ambivalence»: *Technology in Society*, 17/3, 311-326.
Niiniluoto, I. (1993), «The Aim and the Structure of Applied Research»: *Erkenntnis*, 38, 1-21.
Norton, B. (1992), «Sustainability, Human Welfare and Ecosystem Health»: *Ecological Economics*, 14/2, 113-127.
OCDE (2003), *Manual de Frascati 2002*, OCDE/FECYT, Madrid.
Olivé, L. (2000), *El bien, el mal y la razón*, Paidós, México.
Quintanilla, M. A. (1989), *Tecnología: Un enfoque filosófico*, Fundesco, Madrid.
Quintanilla, M. A. (1999), *Tecnología y Sociedad*, Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Lima.
Quintanilla, M. A. (2005), *Tecnología: un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la técnica*, Fondo de Cultura Económica, México.
Quintanilla, M. A. (2009), «Recetas para hacer real otro mundo posible», en D. Lawler y J. Vega (eds.), *La respuesta a la pregunta: técnica, metafísica y valores*, Biblos, Buenos Aires.
Quintanilla, M. A. y Lawler, D. (2000), «El concepto de eficiencia técnica», en G. Denegri y G. E. Martínez (comps.), *Tópicos actuales en filosofía de la técnica. Homenaje a Mario Bunge en su 80.º aniversario*, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, 203-222.

Real Academia Española (1992), *Diccionario de la Lengua Española*, Espasa-Calpe, Madrid.

Redclift, M. (1987), *Sustainable Development: Exploring the Contradictions*, Methuen, London.

Rosenberg, N. (1976), *Perspectives on Technology*, Cambridge University Press, Cambridge.

Salomón, J., Sagasti, F. y Sachs, C. (comps.) (1996), *Una búsqueda incierta. Ciencia, tecnología y desarrollo*, Fondo de Cultura Económica/Editorial de la Universidad de las Naciones Unidas, Centro de Investigación y Docencia Económicas, México.

Samaja, J. (1999), *Epistemología y metodología*, Eudeba, Buenos Aires.

Schumacher, E. (1973), *Small is beautiful*, Abacus/Sphere, London.

Tijmes, P. y Luijf, R. (1995), «The Sustainability of our Common Future: An Inquiry into the Foundations of an Ideology»: *Technology in Society*, 17/3, 327-336.

United States National Research Council, Policy Division, Board on Sustainable Development (1999), *Our Common Journey: A Transition to Sustainability*, National Academy Press, Washington, D. C.

Upham, P. (2000), «Scientific consensus on sustainability: the case of the natural step»: *Sustainable Development 8*, 180-190.

Vega, J. (2001), «¿Por qué es necesario distinguir entre «ciencia» y «técnica»?, *Theoria*, 16/1, 167-184.

Vega, J. (2004), «'Traslación' y adaptación de técnicas. Tecnologías apropiadas y procesos de transferencia»: *Revista CTS*, 3/1, 51-71.

Wiesenfeld, E. (2003), «La psicología ambiental y el desarrollo sostenible. ¿Cuál psicología ambiental?»: *Estudios de Psicología*, 8/2, 253-261.

World Wildlife Fund (2006), *Living Planet Report*, disponible en http://wwf.panda.org/about_our_earth/all_publications/living_planet_report/living_planet_report_timeline/lp_2006.

Wright, G. H. von (1987), *Explicación y comprensión*, Alianza, Madrid.

# LOS SISTEMAS DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN IBEROAMÉRICA Y EN EL MUNDO

*Mario Albornoz*

La noción de sistema se aplicó a la organización de las actividades científicas y tecnológicas en forma generalizada a partir de los años sesenta. La literatura de la época daba por sentada la existencia, en el seno de cada país, de un «sistema de ciencia y tecnología» comprensivo del conjunto de actores que desempeñan tales actividades, así como de sus relaciones, en el contexto de un sistema social más amplio: el sistema social.

Inicialmente, el conjunto de instituciones dedicadas a las actividades de ciencia y tecnología fue visto, desde una perspectiva teórica inspirada en la cibernética, como un «sistema» cuyos elementos están funcionalmente vinculados entre sí, en una dinámica dotada de retroalimentación.

Posteriormente, la idea ha ido evolucionando, tanto en lo referido al enfoque teórico que da sustento a la visión sistémica, como al contenido de los sistemas considerados, dado que se fueron incorporando a la noción nuevos procesos y nuevos actores. En los enfoques más modernos predomina la noción de complejidad. Así, en la actualidad, la visión sistémica sigue teniendo vigencia en el plano descriptivo y aun en el normativo de las políticas públicas, cuando se habla de «sistema de I+D+I» o «sistema de innovación». No se trata de conceptos intercambiables, sino de diferentes miradas.

La transformación y enriquecimiento del concepto de sistema de ciencia y tecnología ha ido de la mano de una renovada comprensión acerca de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, en particular en lo que se refiere al tránsito desde el llamado «modelo lineal» hacia esquemas de múltiples actores e interacciones. En otro plano, dicho tránsito ha transcurrido desde una preeminencia inicial de la

investigación básica, por sobre la investigación aplicada, hasta modelos en los que los límites entre uno y otro tipo de investigación se vuelven más difusos. El proceso de transformación del concepto ha acompañado también la evolución de los modelos de intervención pública en la actividad científica y tecnológica, así como el desarrollo de los instrumentos de gestión de tales políticas.

El concepto de «sistema» tiene, en cierto sentido, un carácter normativo por cuanto expresa un modelo o meta que alcanzar. Por ello, se registra entre los expertos en política científica y tecnológica una discusión sustantiva acerca de la pertinencia de aplicar la noción de «sistema» al conjunto de actores, públicos y privados, en el campo de las actividades científicas y tecnológicas. Existe, en cambio, cierto consenso acerca de la aplicación del término al conglomerado institucional dedicado a la producción, difusión y aplicación del conocimiento científico y tecnológico.

## 1. PRIMERAS APLICACIONES DE ENFOQUE SISTÉMICO

En los años sesenta los conceptos instrumentales de la política científica y tecnológica se nutrieron con las aportaciones de la teoría de sistemas, particularmente, siguiendo los enfoques de Ludwig Bertalanffy y Russell Ackoff. El trabajo de este último, presentado en 1967, fue uno de los primeros en llevar a cabo una aplicación del enfoque sistémico a la política científica. En el ámbito institucional, UNESCO se convirtió en la organización que realizó esfuerzos más sostenidos para instalar la visión sistémica como sustento de la planificación en esta materia. Bajo esta óptica, como forma de distinguir y al mismo tiempo vincular ambos conceptos, se acuñó la expresión «sistema de ciencia y tecnología» que fue de uso corriente durante muchos años, si bien en tiempos más recientes ha sido profundamente revisada.

Por la misma época, otros académicos realizaban contribuciones en forma convergente. Entre ellos, Yves Barel en la Universidad de Grenoble realizó, en 1968, un estudio de sistematización y clasificación de todos los enfoques de sistemas propuestos hasta entonces para la política científica. Ronald Havelock, en la Universidad de Michigan, enriqueció la tendencia a aplicar el enfoque de sistemas a la política científica y tecnológica (Sagasti, 1984)[1].

1. Sagasti menciona también los trabajos de Lynton Caldwell para Naciones Unidas, de Francois Hetman, de Dobrov en el Instituto Internacional para la Aplicación del Análisis de sistemas (IIASA) y de J. Herbert Hollomon y su equipo en el Center for Policy Alternatives del Instituto Tecnológico de Massachussets.

En América Latina la aproximación sistémica al análisis de la política científica y tecnológica tuvo amplia difusión y fue uno de los rasgos que caracterizó el trabajo de un conjunto de autores cuyas contribuciones, aunque dispares en muchos aspectos, han recibido la denominación de «pensamiento latinoamericano en ciencia y tecnología». La Organización de los Estados Americanos (OEA) a través de su programa regional de ciencia y tecnología fue el soporte institucional de tal movimiento.

La contribución más famosa a esta visión sistémica de la política científica y tecnológica fue la de Jorge Sabato con su «triángulo de las interacciones», que se basaba en la convicción de que la estrategia adecuada para superar los condicionamientos estructurales que limitan las posibilidades de que cada país logre desarrollar una infraestructura científica y técnica propia debe basarse en el modelo de un triángulo «IGE» (donde I se refiere a la infraestructura científico-técnica, G al Gobierno y E a la estructura productiva). En él, los vértices deberían interrelacionarse para generar un flujo de demandas y ofertas que conduzca a la generación y utilización de conocimientos (Albornoz y Sebastián, 1993).

En las décadas posteriores, la noción de sistema de ciencia y tecnología fue evolucionando en la misma medida en que lo hacía la representación del modelo de relación entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. Tales cambios afectaron la noción sistémica, en la medida que su evolución connotaba la incorporación de nuevos actores y procesos, así como de nuevos vínculos internos y externos.

## 2. EL MODELO LINEAL

La política científica nació en el ambiente de las políticas predominantes en los Estados Unidos durante la segunda posguerra para convertirse a partir de entonces en un tema que rápidamente ocupó la atención de los Gobiernos de los países industrializados y, con diferentes matices, de gran parte de los países en desarrollo. El nuevo campo de las políticas públicas derivaba de la voluntad de explorar una nueva frontera: la «frontera infinita» de la ciencia[2]. En cierto sen-

2. Tal expresión fue utilizada intencionadamente por Vannevar Bush para vincular el fundamento de una política científica permanente con las primeras intervenciones del Gobierno Federal en ciencia, financiando expediciones de científicos naturales a comienzos del siglo XIX, bajo el amparo de la facultad de expandir las fronteras, atribuida por la Constitución al Gobierno Federal.

tido, la política científica formaba parte de un nuevo contrato social entre la comunidad científica y el Estado.

La orientación en función de la cual se ajustaron los instrumentos de la política científica de la posguerra se basaba en el concepto de «modelo lineal», consistente en la suposición de que el conocimiento puede ser expresado como un continuo, con un gradiente que va desde un extremo de mayor abstracción (investigación básica) hasta otro más vinculado con problemas prácticos (investigación aplicada y desarrollo de tecnología). Sin embargo, si bien se trataba de una línea, el modelo se sostenía en la suposición de que el empuje proviene del extremo básico: la investigación básica da lugar a la aplicada, ésta a su vez da lugar al desarrollo experimental y este último a la tecnología.

El modelo lineal fue formulado como propuesta de política pública en ciencia y tecnología en 1945 por Vannevar Bush, director de la Oficina de Investigación y Desarrollo Científico de los Estados Unidos, quien elaboró el informe «Ciencia, la frontera infinita» como respuesta a la requisitoria del presidente Roosevelt por saber de qué forma la ciencia podía contribuir a mejorar la salud, cómo el Gobierno podía apoyar la investigación y en qué medida podía el talento científico de los jóvenes ser descubierto y desarrollado. La cuestión planteada desde el poder político estaba referida a cómo la ciencia, que había sido movilizada para la guerra, debía ser reconvertida para la paz. El propósito enunciado era que la información científica producida durante la guerra fuera hecha pública gradualmente para que pudiera ser utilizada por la educación y la industria.

La respuesta de Bush contenía una serie de recomendaciones prácticas basadas en el supuesto de que el esfuerzo público debía estar centrado en la promoción de la investigación básica, destinada a explorar nuevos campos teóricos, más que en la investigación aplicada, atribuyendo a aquélla la capacidad de crear la mayoría de los nuevos conocimientos. En su visión, la investigación básica se lleva a cabo sin considerar los fines prácticos, por lo que su resultado es un conocimiento general y una mejor comprensión de la naturaleza y sus leyes, pero a pesar de ello proporciona las bases del progreso científico y tecnológico, tanto en las industrias como en el Gobierno, por más que no se disponga de la certeza a priori de que se habrán de producir logros inmediatos. El conocimiento general —afirmaba— brinda el medio de responder a una gran cantidad de importantes problemas prácticos, aunque tal vez no dé una respuesta específica a ninguno de ellos. Es función de la investigación aplicada proporcionar esas respuestas acabadas.

Desde el punto de vista operativo, el documento afirmaba que el desarrollo de la ciencia básica está, en gran parte, en manos de los institutos de investigación y de las universidades. Por lo tanto, unos y otras debían ser apoyados económicamente por el Gobierno. Asimismo, establecía el principio de que la acción del Gobierno Federal en este campo, aunque estuviera motivada por el propósito de obtener conocimientos útiles para el logro de ciertos objetivos estratégicos, necesariamente debería preservar la libertad de investigación, por más que se careciera de certeza acerca de que la marcha de los proyectos científicos habría de producir logros concretos e inmediatos.

En concordancia con esto, los centros de investigación y las universidades deberían recibir recursos públicos que les permitieran atraer a los mejores científicos brindándoles nuevas oportunidades y retribuciones, liberándolos de la presión por los resultados inmediatos que reclaman las empresas. Sólo la investigación practicada en estas condiciones proporcionaría las bases para el progreso científico y tecnológico en las industrias y el Gobierno.

En forma consecuente con su visión, el documento impulsaba la formulación de una política pública destinada a potenciar la ciencia, ya que ésta era considerada como un motor relevante para la grandeza y el bienestar del país. El Gobierno debía tener, por lo tanto, un papel central en la promoción de la actividad científica y, en tal sentido, debía aceptar responsabilidades inéditas en orden a promover la creación de nuevos conocimientos y el desarrollo del talento científico en los jóvenes.

El sistema científico cuyo diseño expresaba Vannevar Bush, interpretando la visión de la comunidad de investigadores norteamericanos, era de carácter abierto, flexible y con muy escasos elementos de planificación o dirección centralizada. Al Gobierno Federal se le reconocía un papel de gran importancia en lo referido a dar soporte a las actividades científicas y tecnológicas, pero se le asignaban muy escasos medios de intervención en la orientación de las actividades de investigación. El modelo lineal imprimió carácter a la política científica en la mayor parte de los países durante los años inmediatos de la segunda posguerra. Los sistemas institucionales fueron diseñados en forma acorde con esta visión.

## 3. EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE SISTEMA

Durante las primeras décadas del período de la posguerra se utilizaban generalmente los términos «ciencia» y «política científica» con un signi-

ficado que abarcaba tanto la ciencia como la tecnología. Muchos siglos de hegemonía del conocimiento científico por sobre el conocimiento técnico, las habilidades artesanales y la capacidad de crear instrumentos sostenían esta visión —propia del modelo lineal— que daba a la ciencia básica un carácter abarcador y consideraba a la tecnología como ciencia aplicada al desarrollo de artefactos. La tecnología era considerada como el vínculo de la ciencia pura con el mundo social.

Ésta era por entonces la visión de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que en 1963 hizo público su primer informe en esta materia. El documento, denominado «Science and the Policies of Governments» establecía la distinción entre las «políticas para la ciencia» y la «ciencia para las políticas» que fuera asumida como un lugar común en los documentos de la época (Spaey, 1970). Heredero de las primeras aproximaciones sistémicas, el documento proponía también categorías para calcular los recursos destinados a la investigación y el desarrollo (I+D) concibiendo el sistema desde una perspectiva económica, como una matriz de insumos y productos. En opinión de algunos autores, lo más importante de aquel documento fue que transformó una ambición política o un enfoque en una doctrina de política estratégica: esto es, la idea de que la ciencia y la educación superior debían ser consideradas como un factor productivo en pie de igualdad con el trabajo y el capital, en la búsqueda del crecimiento económico (Elzinga y Jamison, 1996).

Avanzando los años sesenta, la visión inicial se fue modificando y en términos generales se comenzó a discriminar entre política científica y política tecnológica. En el ámbito de los sistemas, se comenzó a utilizar la noción de «sistema científico-tecnológico» que, a nivel semántico, acercaba la tecnología a un plano de igualdad con la ciencia. La investigación básica fue perdiendo su carácter de primera figura en el diseño de los sistemas y, en cambio, la tecnología comenzó a ocupar el centro de atención de quienes se dedicaban al diseño de estrategias para lograr el desarrollo económico.

En otro plano, tanto la ciencia como la tecnología comenzaron a recoger resistencias y rechazos, en razón de sus efectos no siempre positivos. Como consecuencia de este proceso, en el campo de las ciencias sociales, las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad se convirtieron en un tema de creciente interés, tanto para los científicos sociales como para numerosos actores que demandaban una mayor democratización de los procesos de toma de decisión en el sistema de ciencia y tecnología.

En el campo de los estudios económicos e industriales también se avanzó en la distinción entre ambos conceptos y en la comprensión

de que el *locus* de una y otra era distinto: el de la ciencia era reconocido como perteneciente al ámbito académico impregnado de los valores propios de las comunidades científicas; el de la tecnología se lo consideraba como constituido fundamentalmente por las empresas impregnadas de valores utilitarios referidos a hacer posibles mejores productos y procesos, con una motivación de índole económica. Los actores y los lugares de la ciencia y de la tecnología podían ser diferenciados en el sistema. Su cultura, por lo tanto, también.

En 1971 la OCDE hizo público un documento, al que denominó «Science, growth and society: a new perspective», en el que se abogaba por un mayor control social sobre la investigación aplicada y la ampliación de la política científica para incluir en ella otros sectores, además de los actores gubernamentales (Elzinga y Jamison, 1996). En esta etapa, las nociones de política científica y política tecnológica siguieron siendo vistas como diferentes aunque necesariamente complementarias. En el discurso de las políticas pasó a estar en primera línea un nuevo conjunto de conceptos, tales como transferencia de conocimientos, prioridades y pertinencia o relevancia social. A la política científica se le reconocía como ámbito el de la creación de nuevos conocimientos, lo que transcurre primordialmente en instituciones del ámbito del sector público dedicadas a tareas de investigación y desarrollo experimental (I+D). Este conglomerado comenzó a ser denominado como «sistema de I+D».

La política tecnológica, en cambio, estaba orientada hacia las actividades productivas, en razón de lo cual se le reconocía que aquellos procesos que regula están a cargo, en su mayoría, del sector privado. El énfasis en la política tecnológica estaba puesto en las estrategias gubernamentales y gerenciales destinadas a fomentar el desarrollo y la transferencia de tecnologías desde la investigación hacia su aplicación, más que en apoyar la investigación como tal.

En 1981, la OCDE presentó un nuevo documento, denominado «Science and Technology Policies for the 1980's» en el que buscaba definir pautas para estimular el desarrollo de las nuevas tecnologías, y acercar a las empresas y universidades. La vinculación Universidad-empresa (U-E) se convirtió en un tema emblemático de la época y todos los Gobiernos ensayaron distintos instrumentos destinados a fortalecerla.

El documento estaba inspirado, en cierta medida, por el éxito del modelo japonés, que basaba el desarrollo tecnológico en el máximo aprovechamiento del conocimiento científico disponible, más que en la investigación de nuevos temas y en el uso de la prospectiva como instrumento de orientación a largo plazo, sobre la base del monitoreo

de los desarrollos científicos y tecnológicos combinado con indagaciones anticipatorias de las futuras demandas de la sociedad, tal como son percibidas por distintos conjuntos de actores.

Probablemente, el cambio de dirección más importante que este nuevo enfoque acarreó en la política científica de la mayor parte de los países fue el giro desde la oferta hacia la demanda. Tal desplazamiento de la perspectiva con la que se analizaba el problema de la difusión social de los conocimientos acompañaba una modificación similar en el campo de la producción, en donde el tradicional modelo «fordista» comenzó a ser sustituido por formas flexibles, apoyadas en el desarrollo de la informática y la automatización, en las que las demandas del mercado podían ser tenidas más activamente en cuenta.

Esta visión implicaba una concepción más abierta de los sistemas, tal que permitiera elaborar la política científica y tecnológica en forma consensual por parte de académicos, políticos e industriales. Sólo las organizaciones civiles más contestatarias, que rechazaban el carácter hegemónico de las grandes corporaciones en la orientación de la I+D, los intereses militares subyacentes y el deterioro del ambiente, entre otras cuestiones, quedaron marginadas de la nueva mesa de concertación.

Los sistemas de ciencia y tecnología en los países industrializados experimentaron ajustes en su diseño. Así, las políticas de fomento a la innovación, surgidas en la década anterior, incorporaron los marcos teóricos que enfocan el proceso desde una perspectiva sistémica y se transformaron en políticas de estímulo al «sistema nacional de innovación». La más reciente irrupción en escena ha sido la de las políticas de la sociedad de la información o sociedad del conocimiento, cuyo punto máximo de despliegue apenas está siendo intuido en la actualidad.

## 4. EL SISTEMA DE INNOVACIÓN

Los historiadores económicos, según manifiesta un documento reciente de las Naciones Unidas, han dado sustento a la idea de que el éxito de las actuales economías industriales avanzadas radica en su historia de innovación a través de diferentes dimensiones: instituciones, tecnología, organización y aplicación de los recursos naturales (UN Millennium Project, 2005). Esta mirada da cuenta de que parece haber consenso acerca de que el crecimiento en el largo plazo se explica, en gran medida, por la capacidad de las economías para generar e incorporar conocimientos y tecnologías; es decir, para innovar.

Desde el punto de vista teórico, este enfoque recupera la visión de Joseph Schumpeter quien, en su teoría del desenvolvimiento económico, formulada en los primeros años del siglo XX, había identificado a la innovación como el fenómeno que explica el crecimiento (y también el derrumbe) de las economías. Desde esta mirada, la acción de la dupla inventor-innovador resulta esencial, siendo así que la labor de los empresarios innovadores constituye el motor del crecimiento económico y la de los inventores la fuente de nuevos conocimientos potencialmente útiles para los procesos de innovación. Para Schumpeter, el proceso de innovación se afirma en la idea de que el reemplazo de la tecnología vigente por nuevos avances en el conocimiento técnico («destrucción creadora») es la fuente de desarrollo de las economías y que, por lo tanto, la competencia en las economías industriales está basada en la capacidad para innovar.

Una de las consecuencias de esta mirada era que la generación y la administración de dicho cambio habrían de ser el principal desafío para las empresas y también para las políticas públicas orientadas al estímulo de la producción. De hecho, conformar y garantizar un entorno favorable a la innovación ha sido un objetivo de las políticas públicas de los países industrializados durante los años más recientes. Ya a comienzos de los ochenta, Christopher Freeman había realizado, por pedido de la OCDE, un relevamiento completo de las políticas e instrumentos de estímulo a la innovación que estaban siendo puestos en práctica por los países miembro de la organización

La visión sistémica ha enriquecido también el concepto de innovación, al considerarla como un esfuerzo colectivo, pródigo en vínculos y socialmente acumulativo. A ello alude la noción de «Sistema Nacional de Innovación», que pone el énfasis en la importancia compartida que tienen las instituciones y la conducta de los actores. Con esta noción se ha intentado sintetizar el vasto conjunto de factores que operan alrededor de la problemática del cambio tecnológico y de su influencia sobre los patrones de crecimiento y desarrollo (López, 1998).

La versión sistémica de la teoría de la innovación surgió en la década los ochenta, como resultado de la labor de diversos grupos que mostraron que la innovación no constituye un hecho exclusivamente económico, sino que sucede en un determinado contexto social y cultural. El grupo FAST de la Comisión Europea, coordinado por Ricardo Petrella, acuñó para aludir a ese conjunto de factores contextuales, entre los que se incluía el sistema educativo, el término «innovación social». Se atribuye a Christopher Freeman (1987) haber utilizado por primera vez la expresión, tal como actualmente se la aplica, aludien-

do a un sistema que contextualiza y estimula la innovación a escala nacional. El sistema de innovación se define, entonces, a partir de la estructura de producción y del marco institucional de una nación.

La idea de que existe un sistema nacional de innovación no constituye propiamente una teoría, sino que se trata de un conjunto de marcos conceptuales (Edquist, 1997), pero ello no le ha impedido lograr una rápida difusión y ser objeto de distintas aproximaciones no siempre coincidentes. En algunos casos, el análisis se ha centrado exclusivamente en las organizaciones e instituciones dedicadas a actividades de ciencia y tecnología (Nelson, 1993). En otros casos se ha tomado en cuenta, además, a un vasto número de actores e interacciones entre actividades productivas e innovadoras, entre las que se comprenden la educación y el aprendizaje (Lundvall, 1992). Desde esta última perspectiva, además de los centros de I+D, las universidades y los institutos tecnológicos, el sistema incluye también otros elementos y actores pertenecientes al ámbito de la educación, la organización laboral, las relaciones industriales y los Gobiernos, entre otros.

Otros autores utilizan la expresión más genérica de «sistemas sociales de innovación», entre los cuales el sistema nacional es sólo una de las posibilidades, ya que es posible constatar la existencia de sistemas virtuosos en los niveles regional o local (Amable, Barré y Boyer, 1997). Los enfoques centrados en los tejidos sociales en los que se producen los fenómenos de innovación destacan la importancia de ciertos valores, tales como la tendencia a la asociatividad, que impregnan la cultura empresarial, la cultura científica e incluso la cultura burocrática en aquellos organismos del sector público vinculados con el soporte y estímulo de las actividades innovadoras.

Es posible distinguir dos derivaciones importantes que surgen a partir del enfoque de sistema nacional de innovación. Por un lado, se argumenta que las capacidades de innovación y aprendizaje están fuertemente arraigadas en la estructura social e institucional de cada localidad, país o región. Estas estructuras juegan, entonces, un rol clave en relación con las divergencias regionales o nacionales en los patrones de crecimiento y desarrollo. De aquí se desprende que, tan o más importante que el aprendizaje o transferencia de «tecnologías», son el aprendizaje institucional y las transformaciones en la organización social, procesos imprescindibles para adaptar y emplear eficientemente las prácticas tecnológico-organizacionales desarrolladas en otros países (López, 1998).

En forma paralela a las transformaciones de la investigación científica, y a los cambios en la base tecnológica, la naturaleza de los procesos de innovación se ha transformado significativamente, adquiriendo

un carácter más complejo y sistémico, particularmente en las industrias intensivas en ciencia.

La innovación se ha hecho más costosa, requiere mayor sofisticación en las técnicas de gestión, da lugar a nuevas formas de apropiación del conocimiento tecnológico, intensifica al mismo tiempo la colaboración y la competencia, a la vez que transforma el papel que desempeñan los Gobiernos en el apoyo al proceso innovador.

La creciente complejidad de los procesos de innovación requiere que se haga una distinción entre los instrumentos de política de ciencia y tecnología *explícita*, que influyen directamente en las decisiones relativas a la innovación, y los instrumentos de política *implícita* que los afectan indirectamente a través de la creación de un ambiente estimulante o de efectos secundarios de otras políticas, o de decisiones adoptadas por las empresas, las agencias gubernamentales o las instituciones académicas.

## 5. LA EVOLUCIÓN INSTITUCIONAL DE LOS SISTEMAS

La noción de sistema de ciencia y tecnología adoptó inicialmente una significación restringida al conjunto de instituciones públicas dedicadas a actividades científicas y tecnológicas; más específicamente, a la investigación y desarrollo (I+D). En este contexto se debatió acerca de la ventaja de optar por sistemas más o menos abiertos, centralizados, espontáneos o diseñados en forma ajustada a pautas planificadas. Si bien se trató de una cuestión que registró aportes académicos desde la sociología de la ciencia, como lo hacía Joseph Ben-David al comparar el sistema de los Estados Unidos, en tanto arquetipo de un sistema descentralizado, con el de Alemania como la expresión modelo centralizado (Ben-David, 1974), se dirimió en el plano del diseño de las políticas públicas y de las instituciones adecuadas para llevarlas a la práctica.

La preeminencia de la investigación básica en los sistemas científicos diseñados bajo la impronta del modelo lineal otorgaba a la comunidad de los investigadores básicos una posición relevante en el ejercicio del poder dentro de su ámbito. Desde el comienzo, esta comunidad científica mostró preferencia por los modelos centralizados, en los que ella misma desempeñaba el papel regulador, y en la virtualidad imitativa de tales modelos.

El diseño institucional emergente habría de reflejar la hegemonía de la investigación básica. Por ese motivo, la mayor parte de los países creó, a partir de la década de los cincuenta, determinadas institucio-

nes dotadas de rasgos comunes. Tales instituciones asumían la forma de «Consejos de Ciencia y Tecnología», con distintos matices nominales y de funciones según la cultura científica e institucional de cada país. De hecho, se trataba de los órganos centrales de la política científica, a través de los cuales los Gobiernos asignaban recursos a la ciencia, pero ellos, al mismo tiempo, representaban a la comunidad científica y formaban parte de su sistema de autorregulación (Rip, 1996).

Como representación del pensamiento de la época y de su influencia sobre las políticas públicas y los desarrollos institucionales, cabe destacar que el documento de Vannevar Bush concluía con la propuesta de crear un organismo similar a los consejos, al que propuso denominar como «Fundación Nacional de Investigación», la cual habría de estar compuesta por distintas áreas de gestión: Investigación Médica, Ciencias Naturales, Defensa Nacional, Personal, Educación Científica, Publicaciones y Colaboración Científica. La fundación, entre otras cosas, habría de tener la facultad de crear agencias específicas, otorgar becas y realizar contratos para investigaciones. El nuevo organismo imaginado por Bush debía estar integrado por científicos con experiencia y estar dotado de recursos para implementar proyectos a largo plazo. Debía estar organizado como un espacio institucional que garantizara la libertad de investigación. Después de cinco años de debate, la propuesta dio lugar en 1950 a la creación de la National Science Foundation.

Los consejos (u organizaciones similares) pueden ser descritos como a medio camino entre «un parlamento de científicos y una burocracia gubernamental». En el primer caso, toman la ideología, y hasta cierto punto la práctica, de lo que Michael Polanyi (1951) llamó la «República de la Ciencia». En el segundo, reflejan su origen y su razón de ser, como una agencia gubernamental que reparte dinero público (Rip, 1996). La mayoría de ellos fueron creados en la segunda posguerra y los Gobiernos recurrieron a la opinión de científicos reconocidos para legitimarlos.

En los últimos años del siglo XX y comienzos del actual se están produciendo transformaciones en la organización de la investigación y en la cultura de las comunidades científicas. Esta ruptura con la visión tradicional proviene tanto de una óptica más vinculada con el conocimiento tecnológico como de una visión más interactiva de la práctica de la investigación científica.

Es obvio que una transformación de este tipo plantea desafíos significativos al sistema institucional. Varios autores señalan que los cambios en muchos casos afectan las reglas fundamentales de la práctica científica. Un ejemplo es la tensión entre los enfoques analíticos

y las nuevas corrientes integradoras propias, por ejemplo, de los estudios ambientales. La diferencia entre uno y otro enfoque afecta los supuestos básicos acerca de la aceptabilidad epistemológica y los criterios de evaluación

En efecto, varios autores señalan que en los últimos años se ha ido consolidando un nuevo modo de producción de conocimientos (Gibbons, 2000) cuyos rasgos principales son los de estar orientado a priori por el contexto de aplicación y emerger no sólo de relaciones internas a la propia ciencia (o las distintas disciplinas) sino, en gran medida, externas a ella. El nuevo modo de producción del conocimiento estaría constituido por redes en las que intervienen actores heterogéneos y se basaría en la multidisciplina. En este nuevo modelo se supone que los objetos de investigación son *ad hoc*, y están referidos a cuestiones prácticas y a la comprensión de sistemas complejos. En esta situación, el problema del consenso disciplinario no está completamente ausente, pero queda relativizado por nuevas necesidades de validación y legitimación del conocimiento en el plano social y también político.

El diseño del sistema que surge de este enfoque tiende a ser radicalmente diferente al de etapas anteriores, ya que se pretende estimular la conformación de redes y de grupos de trabajo pertenecientes a distintos ámbitos institucionales, reunidos en torno a un problema que debe ser resuelto, en el plano de la práctica, mediante eventuales aportaciones de conocimiento teórico. La flexibilidad organizativo es, así, un nuevo rasgo constitutivo de los sistemas de ciencia y tecnología, o sistemas «de I+D+I», una expresión que trata de dar cuenta de la ascensión al primer plano de la «I» que representa la innovación.

Hay otros procesos de transformación que inciden en el diseño institucional. Uno de ellos es la tendencia a establecer prioridades a la política científica o, más propiamente, de I+D. Durante los últimos años, las agencias que financian investigación han ido abandonando el interés por promover investigaciones basadas en el mero interés científico, para priorizar aquellas que estén orientadas hacia «necesidades nacionales», de tipo económico o social. Esta tendencia afecta el sistema institucional y lo carga de nuevas funciones, tales como la de establecer las prioridades, llevarlas a la práctica e implantarlas en el proceso de evaluación.

Por otra parte, la inclusión de nuevos actores en los procesos de I+D implica una democratización del conocimiento que conduce, en el plano de las instituciones, a la búsqueda de procedimientos nuevos, más abiertos y participativos.

En la década de los noventa jugó un papel importante la globalización, aunque también se enfatizó sobre las características propias de cada país, al tiempo que se entraba de lleno en un período de alta competitividad entre los bloques económicos. En esta etapa también aumentó la relevancia de las nuevas tecnologías y de la investigación básica orientada. La informática y las telecomunicaciones, por un lado, y la biotecnología, por otro, irrumpieron con gran pujanza dando lugar a lo que casi unánimemente se ha considerado como una revolución de grandes proporciones.

La internacionalización de la investigación es otro fenómeno creciente que favorece la formulación de proyectos complejos, de naturaleza interdisciplinaria, con la participación de grupos de distintos países. La dimensión internacional de la actividad científica está produciendo una de las transformaciones más profundas en la política científica; desde el caso de la Unión Europea, cuyo Programa Marco implica la cesión de parte de las competencias nacionales en ciencia y tecnología, hasta el auge que registran los programas de cooperación internacional, tanto en el nivel regional como suprarregional. Esta tendencia requiere la realización de acuerdos internacionales para la puesta en práctica de políticas comunes en la materia.

## 6. LOS SISTEMAS EN IBEROAMÉRICA

El desarrollo de los sistemas institucionales de ciencia y tecnología en Iberoamérica tuvo comienzos casi en paralelo a los países industrializados. Parte de la dirigencia política e intelectual de la época tuvo clara conciencia de la importancia del conocimiento científico y tecnológico como instrumento para el desarrollo, hasta el punto de que fue posible hacer referencia a un «pensamiento latinoamericano en ciencia y tecnología», íntimamente vinculado con las teorías del desarrollo y de la dependencia que, en el plano del pensamiento económico, llevaron el cuño de la región. Sin embargo, en un continente políticamente inestable, con Gobiernos débiles o autoritarios, escasa industrialización, profundas diferencias sociales y en un contexto de gran vulnerabilidad externa, los intereses y las fuerzas actuantes en este campo no permitieron que los hechos sucedieran de manera uniforme. Mientras que los sectores que impulsaban programas de desarrollo e integración regional prestaban especial atención a la tecnología y a su transferencia, otros actores, como las incipientes comunidades científica y académica, escasamente vinculadas con los problemas de la producción y el desarrollo tecnológico, protagonizaban gran parte de las primeras construcciones institucionales.

Se dio así la paradoja de que mientras América Latina generaba un pensamiento original en estos temas, el impulso efectivo a la política científica y el desarrollo del modelo institucional en ciencia tuvo carácter imitativo, tal como ya fuera señalado por numerosos autores en los mismos comienzos de la década los setenta. En efecto, la ola imitativa de este tipo de institución se desplegó a partir de la década de los sesenta, si bien los principales países latinoamericanos habían comenzado su desarrollo institucional en materia de política científica y tecnológica ya en los años cincuenta. Entre 1967 y 1970, seis países de Latinoamérica crearon Consejos de Ciencia y Tecnología, con diseños y funciones muy similares.

En la toma de conciencia de los gobiernos latinoamericanos acerca de la necesidad de elaborar políticas destinadas a dar impulso a la ciencia y la tecnología jugaron un papel preponderante las acciones emprendidas desde algunos organismos internacionales y regionales. En particular, fue decisiva la acción de la UNESCO y de la Organización de los Estados Americanos (OEA). Ambas contribuyeron a difundir la idea del «sistema», casi como ideal a alcanzar, entendiéndoselo como una red institucional en el área de la ciencia con fluidas relaciones entre todos los sectores que la componen, en la cual el Consejo actuaría como regulador y orientador.

En cuanto a los aspectos institucionales, UNESCO y OEA recomendaban crear Consejos de Ciencia y Tecnología ubicados en los niveles más altos de cada Gobierno con el fin de lograr su participación real en la toma de decisiones. En los países más desarrollados de la región, la comunidad científica impulsó la creación de los consejos, como medio para lograr apoyo a sus investigaciones por parte de los Gobiernos. Una vez que aquéllos fueron creados, algunos miembros destacados de la comunidad tomaron a su cargo la dirección, en exclusividad, lo que derivó en que la labor de investigación impulsada desde allí tuviera escasos vínculos con las necesidades propias del desarrollo económico y social, y se relacionara más estrechamente con el campo de la investigación académica propia de las universidades, quedando frecuentemente bajo la órbita de los ministerios de Educación. En otros casos, se privilegió el papel de la ciencia y la tecnología en relación con la planificación económica y, así, los consejos formaron parte de los organismos planificadores; éstos, en su mayoría, trataron la ciencia y tecnología como un sector más de los administrados.

De forma similar a lo que acontecía en otras partes del mundo, en Iberoamérica, los consejos fueron creados formando parte del aparato público y, si bien fueron dotados de autonomía, debían regirse por las normas burocráticas de las instituciones gubernamentales. En

general, estas organizaciones tuvieron competencias con la infraestructura científica y el fomento de la investigación, la organización de programas de acciones coordinadas y la cooperación técnica internacional. En la época de auge de la planificación, muchos de los consejos tuvieron esa competencia que, en muy pocos casos se cumplió más allá de lo formal.

Una crítica que se ha formulado a los sistemas de ciencia y tecnología de los países iberoamericanos es la de que conservan sistemas institucionales y marcos conceptuales propios de los sesenta y setenta (Bell, 1995). Desde esta perspectiva, sería necesario un nuevo enfoque que actualizara las políticas iberoamericanas en esta materia, en razón de algunos de sus rasgos negativos, entre los que se cuentan la desconexión del sistema de ciencia y tecnología con respecto al resto de los sectores y de las políticas científica y tecnológica con relación a las restantes políticas públicas.

La visión así expresada sostiene que la política científica y tecnológica en Iberoamérica no puede ignorar los procesos de transformación mencionados y debe ser capaz de distinguir entre dos tipos diferentes de capacidades: capacidad de producción y capacidad tecnológica. La primera responde a un concepto claro y poco novedoso: el de la capacidad instalada y la suma de recursos necesarios para producir bienes y servicios. La segunda capacidad consiste en la aptitud para administrar el flujo del cambio tecnológico (Bell, 1995).

Desde esta perspectiva, las instituciones necesarias para producir cambios en la tecnología son las propias empresas industriales, en mayor medida que las instituciones especializadas ubicadas fuera de la estructura de la industria. Las empresas se encuentran en el centro de la estructura organizacional para el cambio tecnológico y uno de los elementos de mayor importancia para la capacidad tecnológica es el establecimiento de sólidos vínculos entre ellas; esto es, la conformación de redes. El sistema público de I+D en países como los iberoamericanos quedaría —desde esta perspectiva— circunscrito fundamentalmente al ámbito académico y su justificación social estaría directamente vinculada con la formación de recursos humanos altamente cualificados.

## 7. LAS DIFERENCIAS ESTRUCTURALES

La noción de sistema de ciencia y tecnología con frecuencia lleva implícita la idea normativa de que todas las trayectorias deben estar ajustadas a un patrón similar. Sin embargo, la situación de los países en desarrollo presenta diferencias estructurales de gran importancia con

respecto a los países desarrollados, por lo cual los sistemas de ciencia, tecnología e innovación, más allá de ciertas similitudes formales, difieren entre sí profundamente.

El examen de la trayectoria seguida por la economía de los países de Iberoamérica durante las décadas más recientes muestra rasgos comunes, a partir de la realidad tecnológica productiva. En tal sentido, se destacan varios desajustes impuestos por la condición periférica; entre ellos, el desajuste entre el potencial de I+D y la producción de tecnología, y el desajuste entre las esferas de producción y uso del conocimiento.

Una tipología de países en función del grado y estilo de su desarrollo tecnológico, adoptada por algunos organismos internacionales, discrimina cuatro categorías (UN Millennium Project 2005). La primera categoría es la de los países científicamente avanzados, los que se caracterizan por disponer de capacidad científica propia en la mayor parte de las áreas de la ciencia y de la tecnología. Son los responsables de la gran mayoría de los artículos científicos que representan la corriente principal de la ciencia y realizan mas del ochenta por ciento de la inversión mundial en I+D.

La segunda categoría es la de los países científicamente en progreso. Estos países tienen una capacidad para la ciencia, la tecnología y la innovación que está dentro de los promedios internacionales, aunque en ciertos campos disciplinarios puedan mostrar una singular fortaleza. Estos países generalmente han hecho grandes inversiones en la infraestructura requerida para construir una base científica, y algunos de ellos han experimentado importantes avances en el papel que desempeñan en la ciencia y la tecnología a nivel internacional.

La tercera categoría corresponde a los países científicamente en desarrollo. Ellos tienen una capacidad en ciencia, tecnología e innovación por debajo del promedio internacional, aunque algunos de ellos están capacitados en algunas actividades. Algunos de estos países tienen buenas capacidades que atraen la cooperación internacional. Algunos podrían avanzar a la categoría en progreso si incrementaran su inversión en I+D. Finalmente, se encuentra el conjunto de los países carentes de ciencia, tecnología e innovación. Éstos han fracasado en transformar el conocimiento, la educación y el aprendizaje en instituciones o actividades que promuevan la ciencia y la tecnología.

Ningún país iberoamericano, hasta el presente, forma parte de la primera categoría. Brasil es el único que con toda propiedad integra la segunda. México, Argentina y Chile y algunos otros países se ajustan a la descripción de la tercera y el restante grupo puede ser bien encuadrado en la cuarta. Este heterogéneo conjunto dispone de capacidades

y enfrenta problemas que son estructuralmente diferentes a los de los países más avanzados. Sus sistemas son un reflejo de tales asimetrías.

Por otra parte, las ideas de progreso y de desarrollo están fuertemente cuestionadas en la región iberoamericana como resultado de las experiencias políticas basadas en el Consenso de Washington que la mayor parte de los países experimentó durante la década de los noventa. Tales políticas presuponían la necesidad de un gobierno neutral, un gasto público reducido y la estabilidad macro como precondición para el desarrollo, la que presuntamente se lograría como una consecuencia natural y exclusiva del juego del mercado. Los resultados no han sido satisfactorios. La brecha económica y social no ha cerrado, excepto para un tercio de la población, y ello a costa de una polarización sin precedentes de la riqueza, lo que ha multiplicado la pobreza y la exclusión social. La productividad global no está creciendo. La competitividad tampoco. Ello da cuenta de desajustes entre el escenario de la democratización y la satisfacción de las necesidades sociales (UNESCO, 2005).

En los últimos años se ha comenzado a insinuar un cambio de paradigma en la institucionalización de los sistemas de ciencia y tecnología en Iberoamérica, lo que se expresa en el nivel de las estrategias y políticas, mecanismos institucionales y legales, y globalización e integración regional.

Por una parte, los países han comenzado a transitar, con distinta premura desde el tradicional «sistema de ciencia y tecnología» hacia versiones que incluyen los sistemas de innovación. Por otra parte, el énfasis en la oferta de investigación va dejando lugar al énfasis en las demandas sociales y la demanda de las empresas productivas. De la gestión tradicional de la investigación y de la asignación rutinaria de los recursos, se ha pasado a valorar la gestión eficiente de la investigación, la evaluación del desempeño, y la vinculación con las unidades productivas. Asimismo, la ausencia de evaluación y de control de calidad de la educación superior ha sido reemplazada por procesos de evaluación y acreditación académicos.

Del rol del Gobierno como promotor y ejecutor de investigación se ha pasado a la de articulador de un sistema nacional de innovación. Ello, en el marco de un proceso por el cual se ha evolucionado desde economías nacionales cerradas hacia economías abiertas. De las economías-nación se ha transitado hacia economías-región, con un impulso a los procesos de integración subregional y la conformación de redes de conocimiento.

Los cambios en la naturaleza de las políticas de ciencia y tecnología y, en particular, la importancia creciente de los procesos de inno-

vación tienen efectos ambivalentes sobre las perspectivas de los países en desarrollo. Por un lado, éstos disponen de la posibilidad de incorporar componentes de tecnología avanzada en procesos tecnológicos tradicionales, en lo que es conocido como «mezcla tecnológica». Por otro lado, la ventaja comparativa de los países en desarrollo se está alejando del bajo costo de la mano de obra y los recursos naturales, imponiendo la necesidad de introducir cambios importantes en la educación y las políticas ambientales.

Adicionalmente, la infraestructura fija e institucional requerida para sostener los crecientemente complejos procesos de innovación puede estar más allá de las capacidades existentes en la mayoría de los países en desarrollo (Sagasti, 2004). Tal constatación tiene grandes implicancias para los países más rezagados, ya que el propósito de cerrar las brechas de productividad que los separan de las naciones más avanzadas les exige prestar especial atención al estímulo de la innovación, al desarrollo de capacidades endógenas y a la aplicación de las nuevas tecnologías.

Las diferencias entre países con distinto nivel de desarrollo no son relativas simplemente al grado en el que los procesos de industrialización, modernización y crecimiento de la economía tienen lugar en cada uno de ellos. Por el contrario, se trata de diferencias estructurales, lo que equivale a decir que las capacidades y los desafíos son de naturaleza diferente y que, por ello, las trayectorias deben ser necesariamente distintas, más allá de los aspectos similares y de las oportunidades que el desarrollo de unos pueda brindar al de los demás. El pensamiento latinoamericano, con diversidad de matices, trató de dar cuenta de esta necesaria diversidad. Los sistemas de ciencia, tecnología e innovación en Iberoamérica oscilan todavía hoy en esta tensión entre lo idiosincrásico y las tendencias dominantes en la escena internacional.

## BIBLIOGRAFÍA

Albornoz, M. (1990), «La ciencia y la tecnología como problema político», en M. Albornoz y P. Kreimer (eds.), *Ciencia y tecnología: estrategias y políticas de largo plazo*, Eudeba, Buenos Aires, 19-31.

Albornoz, M. (1996), «De la anomalía argentina a una visión articulada del desarrollo en ciencia y tecnología»: *Redes*, 7, 53-77.

Albornoz, M. (1997), «La política científica y tecnológica en América Latina frente al desafío del pensamiento único»: *Redes*, 10, 95-115.

Albornoz, M. y Sebastián, J. (1993), «Jorge Sabato revisitado: del triángulo a las redes»: *Arbor*, 575, 117-128.

Amable, B., Barre, R. y Boyer, R. (1997), *Les systèmes d'innovation à l'ére de la globalisation*, Economica, Paris.
Bell, M. (1995), «Enfoques sobre política de ciencia y tecnología en los años 90: viejos modelos y nuevas experiencias»: *Redes*, 5, 7-34.
Ben-David, J. (1974), *El papel de los científicos en la sociedad, un estudio comparativo*, Trillas, México.
Bertalanffy, L. (1995), *Teoría General de los Sistemas*, Fondo de Cultura Económica, México.
Bush, V. (1999), «Ciencia, la frontera sin fin. Un informe al Presidente, julio de 1945»: *Redes*, 14, 91-137.
Caldwell, L. (1974), «Integrating Science and Technology for Development Planning: The Applicability of Systems Approaches and Technology Assessment Aids to Decision Makers»: *U.N. Advisory Committee on Science and Technology to Development*, Naciones Unidas, Ginebra.
Clark, N. (1985), *The political economy of science and technology*, Basil Blackwell, New York.
Cozzens, S. (1996), «Autonomía y poder en la ciencia»: *Zona Abierta*, 75-76, 133-163.
Dobrov, G. (1978), *Management of Innovations*, International Institute of Applied Systems Analysis, Luxemburgo.
Edquist, C. (ed.) (1997), *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, Pinter, London.
Elzinga, A. y Jamison, A. (1996), «El cambio de las agendas políticas en ciencia y tecnología»: *Zona Abierta*, 75-76, 91-132.
Freeman, C. (1987), *Technology and economic performance: lessons from Japan*, Pinter, London.
Gibbons, M. (1997), *La nueva producción de conocimiento*, Pomares-Corredor, Barcelona.
Halty Carrere, M. (1986), *Estrategias de desarrollo tecnológico para países en desarrollo*, El Colegio de México, México.
Herrera, A. (1995), «Los determinantes sociales de la política científica y tecnológica en América Latina»: *Redes*, 5, 117-131.
Hetman, F. (1979), «Planning-Prospective Analysis and Science and Technology Policy»: *UN/CONACYT Symposium of Science and Technology in Development Planning*, Naciones Unidas, México.
Johnson, B. y Lundvall, B. A. (1994), «Sistema Nacional de Innovación y Aprendizaje Institucional»: *Comercio Exterior*, 44(8), 695-705.
Licha, I. (1996), *La globalización de la investigación académica en América Latina*, Inter-American Institute for Social Development, Washington.
López, A. (1998), «La reciente literatura sobre la economía del cambio tecnológico y la innovación: una guía temática»: *I&D. Revista de Industria y Desarrollo 3*.
Lundvall, B. (ed.) (1992), *National systems of innovation. Towards a theory of innovation and interactive learning*, Pinter, London.
Marí, M. (1982), *Evolución de las concepciones de política y planificación científica y tecnológica*, OEA, Washington.

Nelson, R. (ed.) (1993), *National Innovation Systems. A comparative analysis*, Oxford University Press, Oxford.

Nowotny, H. *et al.* (2002), *Re-Thinking Science. Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty*, Polity, Cambridge.

OCDE (1981), *La medición de las actividades científicas y técnicas, Manual de Frascati*, OCDE, Paris.

Oszlak, O. y O'Donnell, G. (1995), «Estado y políticas estatales en América Latina: hacia una estrategia de investigación»: *Redes*, 4, 99-128.

Polanyi, M. (1951), *The Logic of Liberty*, Routledge and Kegan Paul, London.

Ruivo, B. (1994), «Phases or paradigms of science policy?»: *Science and Public Policy*, 21/3, 157-164.

Sabato, J. y Botana, N. (1970), «La ciencia y la tecnología en el desarrollo de América Latina»: *Tiempo Latinoamericano*, 3.

Sagasti, F. (1984), *La política científica y tecnológica en América Latina: Un estudio del enfoque de sistemas*, El Colegio de México, México.

Sagasti, F. (2004), *Knowledge and Innovation for Development: The Sisyphus Challenge of the 21st Century*, Edward Elgar, Cheltenham, Gloucestershire (UK).

Sanz Menéndez, L. (1997), *Estado, ciencia y tecnología en España: 1939-1997*, Alianza, Madrid.

Schumpeter, J. (1997), *Teoría del Desenvolvimiento Económico*, Fondo de Cultura Económica, México.

Spaey, J. *et al.* (1970), *El desarrollo por la ciencia*, UNESCO - Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid.

UN Millennium Project (2005), *Innovation: Applying Knowledge in Development*, Task Force on Science, Technology and Innovation.

UNESCO (2005), Conferencia Latinoamericana y del Caribe sobre Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo Sostenible, UNESCO, La Habana.

# SISTEMA DE EVALUACIÓN POR PARES, ORGANIZACIÓN SOCIAL DE LA CIENCIA Y POLÍTICA CIENTÍFICA[1]

*Mikel Olazaran y Beatriz Otero*

## 1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo consta de dos partes. En primer lugar, se analiza la ciencia como institución social diferenciada, con su sistema de comunicación, intercambio y valores. De la caracterización funcionalista de la comunidad científica se deriva que ésta dista mucho de ser un mercado reputacional perfecto (cuestiones de la prioridad y la autoridad). Esto es más claro aún si se amplía el objeto de investigación de los aspectos institucionales y organizacionales de la ciencia a la producción del conocimiento y al cambio científico, tal y como ocurrió a partir de los años ochenta con la nueva sociología de la ciencia o sociología del conocimiento científico.

Sin embargo, a nuestro entender, la nueva sociología de la ciencia, en su afán por llegar a mostrar el carácter social de los procesos de producción y validación del conocimiento científico, ha tenido un énfasis excesivamente internalista que la ha hecho perder efectividad teórica y proyección social.

En la segunda parte de este trabajo nos ocupamos de la cuestión del control social externo a la ciencia, cambiando así el nivel de análisis de la comunidad científica a la política científica. Analizamos las distintas fases históricas de la política científica y nos centramos, utilizando la teoría de la agencia, en el problema de la relación entre el «principal» (decisor político o consejo de investigación) y el «agente» (agentes de I+D). Se consideran también, a partir de la teoría de la

1. Trabajo realizado dentro de los proyectos SEC2001-2411-C02-02 del Ministerio de Ciencia y Tecnología y ayuda a grupo de investigación 9/UPV/EHU 00018.323-15338/2003 de la Universidad del País Vasco (UPV-EHU).

dependencia de recursos, las posibles estrategias de los agentes ante los cambios en las políticas.

El hilo conductor del artículo es la discusión sobre el sistema de evaluación por pares. La institución del *peer review* es el núcleo del sistema social de la ciencia. Aunque el funcionamiento del sistema de intercambio está sujeto a importantes tensiones y conflictos cognitivos y sociales (no puede ser de otro modo siendo la ciencia una institución social), la relación entre ciencia y política sigue pivotando en torno al papel del *peer review*, completado y limitado en la actualidad con mecanismos de control social externos a la ciencia.

## 2. COMUNIDAD CIENTÍFICA Y CICLO DE PRODUCCIÓN DE CONOCIMIENTO

La ciencia es una actividad colectiva caracterizada por la cooperación competitiva y la crítica permanente. La solidez del conocimiento científico y el ritmo del desarrollo científico no pueden explicarse como resultado de la mera suma de las capacidades individuales de los científicos[2]. La robustez del conocimiento científico es el resultado de la organización social de la ciencia: el acervo de recursos cognitivos colectivos que los científicos encuentran cuando acceden a la ciencia, el sistema de preparación de nuevos científicos y el sistema de comunicación y evaluación (sistema de intercambio o de recompensas) de la ciencia.

El estudio de la ciencia como sistema social conoció un importante desarrollo en los años cincuenta y sesenta con la obra de R. K. Merton y la escuela funcionalista (Merton, 1973). Según Merton, la ciencia es una esfera social diferenciada con su propia estructura normativa. El *ethos* de la ciencia estaría compuesto por los siguientes valores: universalismo, comunalismo, desinterés y escepticismo organizado. El universalismo garantizaría la evaluación del conocimiento en base a criterios impersonales (la observación, el conocimiento anteriormente confirmado, el método científico). Por comunalismo se entiende que no existe la propiedad privada del conocimiento científico. Las contribuciones de los productores individuales pasan a formar parte del acervo colectivo de conocimiento de una especialidad. Los productores obtienen a cambio un reconocimiento proporcional a la aportación realizada, una especie de capital simbólico con el que se puede acce-

2. Diversos estudios han mostrado que los científicos individuales aislados cometen distintos tipos de errores de razonamiento lógico (Barnes, 1985, 36-37).

der a distintos tipos de recursos (carrera académica, proyectos de investigación, infraestructura, formación de equipos de investigación). Según la norma del desinterés, el científico no debe buscar más beneficio que la satisfacción por el trabajo realizado y el prestigio de haber contribuido al avance del conocimiento científico. Finalmente, el escepticismo organizado se manifiesta en la creencia de que no hay nada sagrado que exija un respeto acrítico. Los llamados «argumentos de autoridad», basados en la posición de quien los formula en un sistema de relaciones de poder y no en sus méritos teóricos o empíricos, no tendrían cabida en la ciencia.

La discusión sobre el *ethos* de la ciencia ha generado un importante debate en los estudios de la ciencia (Torres, 1994). Las limitaciones de la explicación normativista de la acción social que subyace a los primeros trabajos de Merton son claras (Barnes, 1995, cap. 2). Desde el punto de vista de este artículo, el interés se centra en las relaciones entre la estructura normativa y otro elemento del sistema social de la ciencia: el llamado «sistema de recompensas». Partiendo del análisis de las contribuciones del propio Merton a este respecto, puede llegarse a una crítica del normativismo y positivismo inherentes a algunas visiones de la ciencia.

La producción de conocimientos certificados es el resultado de un sistema de comunicación y evaluación denominado sistema de intercambio o sistema de recompensas. El ciclo de producción de conocimiento certificado podría describirse sucintamente del siguiente modo (Latour y Woolgar, 1982). Los científicos seleccionan temas de investigación entre los problemas de su disciplina, de disciplinas afines o a partir de cuestiones de interés social. Normalmente, esos temas de investigación dan lugar a la formulación de proyectos de investigación y a la solicitud de financiación a fuentes públicas o privadas para llevarlos a cabo. El grupo de investigación en cuestión realiza distintas labores de experimentación o recogida de datos y de interpretación teórica. Tras ello comienzan a producirse los primeros documentos (notas de laboratorio, borradores, *working papers*, comunicaciones a congresos) que son evaluados por los miembros del grupo o por investigadores cercanos, a veces por medio de seminarios o grupos de trabajo. Tras los correspondientes debates y mejoras en el documento, el artículo es enviado a una revista científica especializada, donde es evaluado por editores y árbitros (*referees*) anónimos. Si el trabajo es aceptado, o tras realizar las modificaciones sugeridas por el panel de evaluadores, el artículo es publicado.

La publicación supone un paso importantísimo para el autor o autores de la contribución dentro del mercado reputacional o sistema

de recompensas de la ciencia, de cara a su carrera académica o investigadora y a la consecución de financiación para nuevos proyectos de investigación. Se considera que los descubrimientos y contribuciones científicas publicados en forma de artículos en revistas de prestigio internacional pasan a formar parte del conocimiento aceptado. Pero éste no es el final del ciclo de producción de conocimiento certificado, o de la cooperación competitiva y la labor de crítica en que se basa la actividad científica. Muchos artículos no son leídos, otros son leídos por unos pocos científicos y son criticados o generan controversias, y sólo unos pocos son leídos y aceptados sin discusión, pasando así a formar parte definitivamente del acervo de conocimiento aceptado dentro de una especialidad o disciplina. El conocimiento aceptado es transmitido a los estudiantes y puede llegar a ser utilizado en otras esferas sociales (otras disciplinas científicas, desarrollo tecnológico, industria, salud, gobierno, etc.). En el proceso de evaluación y crítica de las contribuciones publicadas surgen nuevos problemas susceptibles de ser abordados por la investigación científica, con lo que se reabre el ciclo de producción de conocimiento.

El sistema de evaluación de las contribuciones científicas por árbitros de cara a su posible publicación cumple funciones muy importantes en la ciencia (Merton, 1973, cap. 21). Todo sistema de control social tiene sus «jueces de estatus» encargados de la evaluación del desempeño de roles y de la asignación de recompensas. El sistema de árbitros cumple importantes funciones tanto para los productores (asignación de reconocimiento) como para los consumidores (asegura la autenticidad de las contribuciones de otros) de conocimiento científico. Por un lado, la relación evaluador-autor, no siempre exenta de tensiones, posibilita la asignación de reconocimiento y la mejora de las contribuciones científicas. Por otro lado, para quienes utilizan los resultados publicados dentro del mismo campo o en campos cercanos, evita la necesidad de la replicación y hace posible la dedicación a problemas no resueltos, actividad mucho más motivadora y creativa que la mera replicación de resultados obtenidos por otros autores o grupos. La ciencia es una actividad colectiva en la que se construye sobre la obra de otros. La función principal del sistema de árbitros evaluadores consiste en garantizar que esa actividad puede llevarse a cabo con un alto grado de confianza.

Cuando son requeridos para ejercer la labor de árbitros anónimos, los científicos se prestarán a ello movidos tanto por un sentido de reciprocidad (prestación de un servicio necesario para la comunidad científica del que ellos se han beneficiado en otras ocasiones) como por la recompensa simbólica que supone ser considerado capaz de evaluar

la actividad investigadora de otros colegas. No obstante, el sistema de publicación y recompensas también genera disfunciones y tensiones que tienen que ver con las cuestiones de la prioridad (dificultades en la asignación a grupos o individuos del mérito de haber realizado una contribución científica) y la autoridad (rechazo de contribuciones situadas fuera de la tradición teórica o metodológica dominante). Estas cuestiones serán analizadas en los apartados siguientes.

### 3. EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN Y EL PROBLEMA DE LA PRIORIDAD

Según la visión positivista o «recibida» de la ciencia, dominante en sus distintas versiones en diferentes ámbitos sociales, el desarrollo científico sería un proceso lineal de acumulación de descubrimientos o contribuciones científicas. La noción de descubrimiento habitual en esta concepción hace referencia al acto, localizado en el espacio y el tiempo, de desvelar la naturaleza de un fenómeno por primera vez, e implica que las propiedades del fenómeno son independientes del hecho de ser descubierto. Para la visión positivista, el sistema de recompensas de la ciencia funcionaría de un modo aproblemático, asignando recompensas a los científicos según las contribuciones (descubrimientos) realizadas y conforme éstas son realizadas en el tiempo. Las contribuciones serían evaluadas según criterios universales (poder empírico y teórico, estructura lógica y argumentativa, el «método científico») aplicados por actores racionales (los científicos). Los procesos de toma de decisión o logro del consenso en la evaluación de los descubrimientos (y, por tanto, en la evaluación de los artículos científicos) no se problematizan en esta perspectiva, pareciendo casi automáticos.

Los estudios de Merton y la escuela funcionalista supusieron un primer paso en la problematización de la noción positivista del descubrimiento como acto único y pusieron de manifiesto la existencia de ciertas tensiones y conflictos inherentes al sistema social de la ciencia. Merton (1973, caps. 14-18) ilustró con abundante material empírico su tesis de que la práctica totalidad de los descubrimientos científicos son múltiples e independientes, esto es, son realizados por más de un científico o grupo de científicos dentro del mismo marco temporal y de un modo independiente. Esta pauta recurrente tiene consecuencias funcionales para la producción de conocimiento científico (protección contra el error y contra la pérdida de información relevante, confirmación de resultados), pero es también una fuente de inestabilidad en el sistema de comunicación y evaluación de la ciencia. El origen estructural de esta inestabilidad está en las tensiones entre la

estructura normativa de la ciencia (los valores o *ethos*, con su énfasis en la originalidad) y el sistema de recompensas. El sistema de recompensas genera un sistema de estratificación de estatus y, por tanto, una estructura de desigualdad social en el acceso a los medios del trabajo científico. El resultado de esta tensión entre la estructura cultural (normativa) y la estructura social de la ciencia son las controversias por la prioridad que se producen frecuentemente en la ciencia.

Según Merton, cuando la institución científica funciona eficientemente, la distribución de reconocimiento es proporcional a la eficiencia en el cumplimiento de los roles (producción de conocimiento científico, realización de descubrimientos). Los procesos de obtención de reconocimiento generan una estratificación de estatus en la ciencia de acuerdo con los descubrimientos o contribuciones realizados. Sin embargo, la agudización de la dinámica competitiva y el desigual acceso al reconocimiento desde las distintas posiciones del sistema de estratificación pueden provocar un énfasis excesivo en la prioridad, con el consiguiente debilitamiento de los mecanismos de control social. Aparecen entonces comportamientos desviados adaptativos de tipo activo (presentar sólo la evidencia favorable, proferir acusaciones falsas de plagio, plagiar, publicar prematuramente, autoafirmación agresiva, ataque a los rivales) o de tipo pasivo (retirada de la competición o retraimiento a roles alternativos como la enseñanza o la administración). Se generan así tensiones entre las distintas normas del *ethos* de la ciencia, entre la originalidad, por un lado, y el desinterés y la humildad, por otro. No obstante, según Merton, la desviación es menos frecuente en la ciencia que en otras estructuras sociales, debido tanto al proceso de socialización de los científicos en las normas de su profesión como al sistema institucionalizado de vigilancia y crítica permanentes basado en la cooperación competitiva.

Del estudio de Merton sobre el sistema de recompensas (el sistema básico de intercambio en la ciencia) se sigue, por tanto, que las tensiones son inherentes a la ciencia como sistema social y que no se puede pensar en el sistema de intercambio como un mercado reputacional perfecto donde cada actor recibe una recompensa (capital simbólico) acorde con la contribución realizada. Dicho de otro modo, no se puede pensar que el resultado del funcionamiento del sistema de intercambio sea siempre la generación de una conducta colectiva acorde con el *ethos* de la ciencia.

Con la creciente especialización y diferenciación en la ciencia (surgimiento de nuevas disciplinas, especialidades y áreas de investigación) ha disminuido la competencia entre especialidades (que se ocupan de terrenos distintos), pero ha aumentado la competencia dentro de cada

especialidad, debido a que los investigadores trabajan en problemas iguales o cercanos que son definidos colectivamente a partir de un acervo de conocimiento compartido. Al tener el reconocimiento una importancia crítica para los actores, es muy probable que en este tipo de contexto se produzcan disputas por la prioridad y, de hecho, así ha sido históricamente.

Por otro lado, la repetición de resultados es necesaria para la incorporación de nuevos elementos al acervo de conocimiento compartido. Un cierto nivel de redundancia es inevitable para localizar claramente y confirmar los descubrimientos importantes, y para que estos descubrimientos pasen a formar parte del acervo colectivo de conocimiento (y no se pierdan entre el «ruido» del sistema de comunicación de la ciencia). Esto hace también que se produzcan continuas disputas por la prioridad.

Partiendo de la tipología de casos históricos y recientes de descubrimientos múltiples y controversias por la prioridad documentados por Merton y su escuela, puede argumentarse en favor de la necesidad de superar el marco funcionalista de estos autores. Desde la escuela funcionalista se han estudiado casos de descubrimientos múltiples e independientes en los que científicos de más prestigio reciben todo el reconocimiento frente a científicos desconocidos que no reciben reconocimiento (o a los que incluso se les niega la publicación) por la misma contribución. Los casos de redescubrimientos (muchas veces independientes) tampoco son infrecuentes. En estos casos, resultados obtenidos por científicos desconocidos que permanecen ignorados durante años son redescubiertos (frecuentemente de un modo independiente) años más tarde por científicos de más prestigio (o científicos que proceden de campos más «respetables») que reciben la práctica totalidad del reconocimiento. La explicación de estos casos dentro del marco funcionalista haría referencia a la estratificación generada por el sistema de recompensas en la ciencia. Las relaciones sociales de estratificación generadas a partir del capital simbólico obtenido por realizaciones pasadas (o en campos de más prestigio) se reproducirían de este modo, favoreciendo a los ocupantes de las posiciones altas de estatus.

Sin embargo, esta explicación no parece suficiente para explicar aquellos (frecuentes) casos en los que las disputas por la prioridad están relacionadas con la interpretación o significación de un descubrimiento. Un número importante de rechazos de contribuciones científicas puede explicarse en relación a las estructuras cognitivas dominantes en un campo de investigación (para un estudio de caso, véase Olazaran, 1993a). La aceptación de ciertos descubrimientos o aportaciones científicas está relacionada con procesos de cambio cognitivo y con

relaciones de autoridad asociadas a elementos cognitivos de la ciencia (estructuras teóricas y metodológicas, estilos de investigación, compromisos filosóficos, orientaciones prácticas, etcétera).

## 4. EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN Y EL PROBLEMA DE LA AUTORIDAD

Merton y los investigadores de la escuela funcionalista estudiaron la estructura social de la ciencia como un producto del sistema de intercambio y recompensas. Esta estructura está constituida por un sistema de estratificación de estatus que provoca desigualdades en el acceso a los medios de producción científica (Merton, 1973, 558). La posición en la jerarquía de estatus se basa en las realizaciones científicas pasadas y, como todo sistema de relaciones sociales, genera unos procesos de legitimación y reproducción. El problema en el caso de la ciencia es que estas relaciones jerárquicas tienden a mantenerse por sí mismas, pudiendo desligarse de un nivel de producción científica continuado. Dicho de otra manera, la posición en la jerarquía de estatus, que es una posición adquirida, tiende a hacerse adscrita, y los juicios de los científicos que ocupan las posiciones altas de estatus tienen un peso especial por provenir de una posición de autoridad y no simplemente por su valor teórico o empírico.

Merton (1973, cap. 20) utilizó el término «efecto Mateo» para referirse a este fenómeno y documentó casos de descubrimientos múltiples independientes en los que los científicos de gran reputación obtuvieron todo el reconocimiento frente a científicos desconocidos que habían hecho la misma aportación, así como otros casos de contribuciones hoy consideradas fundamentales, pero que estuvieron olvidadas durante años al haber sido hechas por científicos desconocidos, a algunos de los cuales se les negó hasta la publicación.

Los investigadores funcionalistas no entraron a analizar sistemáticamente las relaciones entre los aspectos institucionales y organizacionales de la ciencia, por un lado, y los aspectos cognitivos, por otro. Consideraban que el análisis del conocimiento científico correspondía a la epistemología, frente al de la ciencia como profesión e institución —como sistema social— que era para ellos el objeto propio de la sociología. No obstante, en sus trabajos se encuentran algunas consideraciones interesantes en torno al grado de consenso, institucionalización y «codificación» de los distintos campos de la ciencia (Merton, 1973, caps. 21-22) que apuntan a la necesidad de analizar las relaciones entre la estructura social y la estructura cognitiva de la ciencia.

Merton y sus colegas estudiaron las diferencias que los distintos campos científicos presentan en cuanto al grado de consenso interno en base al índice de rechazo de artículos en revistas científicas. Las áreas con contenido humanístico se caracterizan por un índice de rechazo de manuscritos mucho mayor que los campos más experimentales. Otro aspecto considerado fue el grado de codificación de las estructuras cognitivas de las distintas especialidades científicas. Un campo codificado se caracteriza por la existencia de formulaciones teóricas sucintas e interdependientes que forman un armazón teórico compacto. Los elementos particulares de conocimiento están ligados por ideas generales. Los campos menos codificados, en cambio, presentan una masa de hechos descriptivos y de teorías de bajo nivel cuyas implicaciones e interrelaciones permanecen oscuras. Por otro lado, el consenso en torno a los criterios para estimar la importancia de datos, problemas y soluciones es menor en estos campos.

El nivel de consenso y codificación de los distintos campos tiene consecuencias importantes para la medición de la producción científica. La referencia a obras recientes es menor en campos menos codificados, lo que plantea problemas al indicador de factor de impacto empleado en el *Science Citation Index* (*SCI*). Recuérdese que el factor de impacto utilizado en el *SCI* es el número de citas que reciben por término medio los artículos de una revista en los dos años siguientes a su publicación. Por otro lado, en los campos con nivel bajo de codificación, la posibilidad de realizar contribuciones es menor para los nuevos científicos o los científicos procedentes de otros campos, lo que genera una desventaja frente a campos más codificados. En general, cuesta más tiempo hacer una contribución científica a partir de la elección de un tema de investigación en un campo poco codificado. Paradójicamente, el «empiricismo» es mayor en los campos menos codificados, debido al menor nivel de integración teórica y a la proliferación de evidencia empírica diversa desde un punto de vista teórico y de teorías de bajo nivel. Finalmente, el «efecto Mateo» y el peligro de utilización de «argumentos de autoridad» (una contribución se acepta según de quién provenga, y no tanto según su fuerza empírica o teórica) es mayor en estos campos.

Esta línea de estudio de las relaciones entre la estructura social y la estructura cognitiva de la ciencia, apuntada por Merton y sus colegas en algunos de sus artículos más tardíos, fue abordada de un modo sistemático por la nueva sociología de la ciencia o sociología del conocimiento científico, centrada en Europa y especialmente en Gran Bretaña (el funcionalismo había sido dominante sobre todo en Estados Unidos), a partir de los años setenta (Knorr-Cetina y Mulkay, 1983).

La recepción de la obra de Kuhn (1962) por parte de estos investigadores supuso una ruptura con el positivismo y el funcionalismo (Barnes, 1982) y, por tanto, una segunda (y radical) fase de problematización de la noción habitual de descubrimiento mencionada anteriormente.

Según Kuhn, los descubrimientos comienzan con la percepción de anomalías en la ciencia normal (proceso de extensión de modelos de problema-solución aceptados a nuevos casos dentro de un paradigma o marco teórico y metodológico que incluye también compromisos filosóficos) y culminan con el cambio de una parte importante o de la totalidad de las estructuras cognitivas de un campo científico (categorías teóricas, modelos, procedimientos metodológicos, principios metafísicos). En los procesos de cambio cognitivo se producen controversias sustantivas (disputas entre distintas interpretaciones de la misma evidencia empírica) y problemas de comunicación entre grupos que sostienen posiciones distintas. Frente al funcionalismo de Merton y sus colegas, se pone de manifiesto que detrás de muchas supuestas disputas por la prioridad se esconden controversias cognitivas. Desde este punto de vista, la concepción de la desviación y el conflicto como factores de desorganización social en la ciencia presenta importantes limitaciones. El término «desviación» puede esconder procesos de controversia cognitiva entre grupos con distintas posiciones teórico-metodológicas y con distintas relaciones con los ámbitos societales externos a la ciencia (tecnología, economía, política, cultura). Desde los años setenta y ochenta, los estudios de la ciencia han analizado las relaciones entre elementos cognitivos y elementos sociales (internos y externos a la comunidad científica) en los procesos de producción y aceptación del conocimiento científico.

Bajo el nuevo prisma, la lucha por el reconocimiento científico es al mismo tiempo una lucha por la autoridad, y la definición de un campo científico (problemas, metodologías, teorías) y de las relaciones entre campos (jerarquización de las áreas científicas) equivale al establecimiento de relaciones de autoridad tanto internas a un campo como entre campos (Bourdieu, 1975). En estos procesos de obtención de capital simbólico se producen estrategias de monopolización y dominación condicionadas por las estructuras de autoridad de los campos científicos. El sistema de publicaciones reproduciría en gran medida la estructura de autoridad existente, y los procesos de cambio científico (por ejemplo, en el caso de la emergencia de una nueva especialidad científica o área de investigación anteriormente no reconocida como tal) serían la consecuencia de procesos de movilización y acumulación de recursos científicos y organizacionales, donde intervendrían elemen-

tos como los siguientes: acumulación de aportaciones científicas, conocimientos y técnicas; fertilización cruzada entre campos científicos; movimientos migratorios; desarrollos tecnológicos que benefician a la especialidad emergente; apoyo económico de agencias gubernamentales o del mundo empresarial.

Algunas de las controversias científicas más importantes están relacionadas con los procesos de emergencia y legitimación social (tanto interna como externa a la comunidad científica) de nuevas áreas de problemas y especialidades científicas a las que anteriormente se les negaba el estatus de campo científico por derecho propio, o incluso el estatus de cientificidad (Olazaran, 1993b). El surgimiento de áreas de problemas y especialidades científicas puede verse como un proceso de construcción de alianzas entre grupos, organizaciones e instituciones heterogéneas, un proceso de construcción de redes de comunicación y de intereses compartidos entre actores heterogéneos.

En este contexto se ha dedicado una atención creciente a las tácticas retóricas empleadas por los científicos en los procesos de obtención de reconocimiento (Latour, 1987). Entre ellas destaca, por su importancia para el sistema de publicación, la utilización de la citación como un instrumento táctico o retórico. Al elaborar el indicador de factor de impacto, el *Science Citation Index* asume el uso convencional de la citación para mostrar el reconocimiento o la importancia de las contribuciones científicas (artículos publicados en revistas científicas) en las que se basa un trabajo. Esto tiene algunas limitaciones, como son las diferencias en las pautas de citación por disciplinas y especialidades, la autocitación, las citas para criticar contribuciones, el alto porcentaje de citas de publicaciones metodológicas y el menor grado de representatividad de las revistas recogidas por el *SCI* para algunas áreas.

No obstante, algunos estudios recientes realizados por autores como Latour han ido más allá de estas limitaciones y han relacionado las pautas de citación con las estrategias empleadas en la lucha por la autoridad en la ciencia. Se ha dedicado una atención creciente al análisis del discurso científico, incluido el tipo de discurso más formal empleado en los artículos científicos. Se ha comprobado cómo no es infrecuente que se cite a las autoridades de un campo científico por el hecho de serlo, y no necesariamente por sus contribuciones sustantivas recientes. El proceso de citación (y de construcción del discurso científico en general) es visto como un proceso táctico de enrolamiento de recursos y aliados en favor de la posición propia dentro de un sistema de autoridad.

## 5. POLÍTICA CIENTÍFICA

Hemos visto hasta ahora que el sistema de intercambio (y su núcleo, el sistema de evaluación por pares o *peer review*) es un aspecto clave de la organización social de la ciencia. El análisis de la ciencia como sistema social nos ha servido también para hacer una revisión de la sociología internalista de la ciencia. A partir de ahora quisiéramos cambiar el nivel de análisis para considerar cuestiones sociales externas a la comunidad científica y, en concreto, la crucial cuestión de la política científica.

La investigación científica es un bien cuasipúblico que los actores privados (empresas) por sí mismos no producen en un nivel suficiente y que, sin embargo, es imprescindible para la innovación tecnológica y el desarrollo social. El problema central o dilema de la política científica puede enunciarse de la siguiente manera: ¿Cómo fomentar la investigación científica (que se basa en la autonomía de la ciencia en tanto institución social) y a la vez hacer que la actividad de los científicos se dirija (al menos en parte) hacia la innovación tecnológica y otros objetivos sociales?

La teoría de la agencia es un punto de partida interesante para teorizar la relación entre el principal (el Estado) y los agentes (científicos) (Guston, 1996; Van der Meulen, 1998). El Estado delega en la comunidad científica la producción de conocimiento, pero debe establecer sistemas de control para asegurar que los objetivos sociales puedan cumplirse y dar cuenta de ello a la sociedad. ¿Cómo resolver los problemas que genera esta delegación en condiciones de «asimetría de información» (sólo los especialistas en un área de investigación son capaces de evaluar las contribuciones a dicha área) y peligros de «selección adversa» (posible selección de agentes inapropiados) y «riesgo moral» (posibilidad de que los agentes persigan sus propios objetivos individuales, «engañando» al principal)?

La política científica supone el establecimiento de estructuras institucionales, la selección de agentes y modelos de investigación (pública *versus* privada, civil *vs.* militar, tipo de organización administrativa gubernamental, mecanismos de financiación, etc.), la formulación y articulación de prioridades (como los programas estratégicos) y el establecimiento de sistemas de control y evaluación.

Simplificando un tanto la evolución histórica de las políticas científicas, podemos distinguir dos grandes fases: la «política de patronazgo» o «política científica», que surge en Estados Unidos tras la Segunda Guerra Mundial; y la «política de I+D» (con un mayor énfasis industrial, tecnológico), que surge en los países más avanzados entre me-

diados de los setenta y mediados de los ochenta. A partir de mediados de los noventa, la política de I+D comienza a reconceptualizarse como «política de innovación».

La política de patronazgo resalta la importancia de la investigación básica y se basa en la confianza de que a partir de la ciencia básica se irán produciendo innovaciones tecnológicas (modelo lineal del proceso de innovación). Los éxitos de la movilización de científicos en el período de la Segunda Guerra Mundial en Estados Unidos dentro de programas de investigación de interés nacional a gran escala y multidisciplinares (radar, penicilina, bomba atómica, ordenador) y el posterior papel de algunos líderes de la comunidad científica en la formulación de la primera política científica tras la guerra dieron un espaldarazo a este modelo (Bush, 1945; Dickson, 1988; Elzinga y Jamison, 1995).

Pero el crecimiento exponencial de la ciencia básica tenía un límite en torno al 2-3 % del PIB, momento en el cual alcanzó un «estado de equilibrio» (*steady state*) en el nivel de recursos dedicados (Ziman, 1990). Dentro de un contexto cambiante (crisis en los setenta, inestabilidad social e internacional, surgimiento de nuevos competidores —la «amenaza japonesa» en los ochenta—, llegada al poder de partidos neoliberales —Reagan, Thatcher—), la política científica evolucionó hacia el establecimiento de prioridades y la presión a los científicos para que produjeran un conocimiento más aplicado, dirigido hacia las necesidades económicas.

Podemos denominar esta segunda fase «política de I+D» debido al creciente peso de la «ciencia colectivizada» y las organizaciones de I+D, frente a la ciencia básica académica tradicional (Ziman, 1984). Frente al dominio de los intereses y la cultura académicos (valores de autonomía, objetividad) en la primera fase, esta segunda se caracteriza por el creciente peso de los agentes y de la cultura económica o empresarial (énfasis en los usos tecnológicos de la ciencia) (Elzinga y Jamison, 1995). El énfasis se traslada a la generación y difusión de tecnología, dentro de lo que podríamos denominar un «modelo lineal tecnológico» (Caracostas y Muldur, 1998, cap. 1).

Recientemente, este modelo lineal tecnológico ha evolucionado teóricamente hacia un modelo sistémico, donde se resalta la multiplicidad de actores y tipos de relaciones en la innovación, así como los factores sociales (institucionales, organizacionales, culturales) que afectan los procesos de generación y uso de conocimiento (Lundvall, 1992; Edquist, 1997).

Para hablar de un sistema de innovación se requieren dos condiciones. En primer lugar, la existencia de una diversidad de actores y facto-

res relacionados con la innovación (empresas, organismos públicos y privados de I+D, políticas públicas, agentes financieros, agentes del entorno socioeconómico, sistema educativo, cultura productiva). En segundo lugar, es preciso que existan relaciones regulares y bidireccionales entre los distintos agentes.

La innovación es definida como la utilización, en la actividad económica, de nuevo conocimiento o nuevas combinaciones de conocimiento existente (Edquist, 1997, 42). La innovación tiene un carácter múltiple: puede referirse tanto a productos como a procesos (tecnológica, organizativa), puede ser tanto radical como incremental y puede referirse a distintos tipos de aprendizaje (aprender haciendo, aprender usando, aprender interactuando). Las empresas («organizaciones formales») están situadas en entornos institucionales y culturales («instituciones») que afectan los procesos de innovación. Por «instituciones» se entienden las normas, valores, leyes, rutinas y prácticas que guían la acción y las relaciones entre actores.

La constitución de redes formales e informales entre agentes (empresas, agentes de I+D, otros agentes del entorno, distintos niveles de gobierno) en una atmósfera de confianza permite minimizar los costes de transacción, facilitando el intercambio de conocimientos tácitos de carácter innovador. Los «fallos del mercado» para el intercambio de conocimiento entre empresas pueden superarse si las relaciones puramente económicas son reemplazadas por un acuerdo de intercambio recíproco y estable basado en un elemento de confianza (Maskell, 2001). Cuando los tratos económicos y políticos se realizan dentro de redes de interacción social, se reducen los incentivos para el oportunismo y la corrupción. La interacción y el capital social fomentan las normas de reciprocidad generalizada, facilitando la «acción asociativa» dentro de la empresa, en redes de empresas y entre las empresas y su entorno institucional (Cooke y Morgan, 1998).

Desde la perspectiva de los sistemas de innovación se asume que el éxito de algunas regiones europeas y norteamericanas se ha debido a la generación de redes de cooperación entre Gobiernos locales y regionales, instituciones educativas y de investigación, asociaciones empresariales y cívicas, y empresas individuales. El éxito de la investigación industrial dependería no tanto (o no sólo) de las capacidades de I+D de las empresas individuales como de distintas formas de cooperación intensiva entre empresas, agentes de I+D y sector público. Los distintos niveles de gobierno adquirirían un nuevo rol de «animadores» de los procesos de generación de consenso y formulación de estrategias colectivas entre agentes de distintos ám-

bitos y sectores, dentro de «sistemas de gobernación» y «redes de políticas»[3].

En este sentido, el nivel local y regional adquieren una creciente importancia económica (Storper, 1997; Braczyk, Cooke y Heidenreich, 1998; Olazaran y Gómez Uranga, 2001). Las tecnologías de la información facilitan y multiplican las relaciones a nivel mundial (globalización), pero no pueden sustituir el elemento de interacción social local, comunicación y confianza necesario en los procesos de generación y transferencia de conocimiento (especialmente conocimiento tácito y conocimiento grupal u organizacional).

En paralelo, se anuncia el surgimiento de un nuevo «modo de producción de conocimiento científico» o «modo 2», multidisciplinar, basado en la colaboración entre agentes (socialmente distribuido) y orientado hacia problemas y sistemas (diseños), opuesto al modelo tradicional disciplinar («modo 1») basado en la autonomía de la ciencia (Gibbons *et al.*, 1994).

## 6. EL «CONSEJO DE INVESTIGACIÓN» COMO AGENCIA DE INTERMEDIACIÓN

El Estado delega en la comunidad científica la producción de conocimiento, pero debe establecer sistemas de control para asegurar que los objetivos sociales puedan cumplirse y dar cuenta de ello a la sociedad. El dilema de la política científica es, por tanto, como se ha mencionado anteriormente, cómo combinar la autonomía de la ciencia y el control social externo de la misma.

La forma tradicional en la que se ha estabilizado la relación principal-agente ha sido la utilización del sistema de evaluación por pares como forma de control. El *peer review* ha sido para el principal un instrumento de supervisión y un criterio esencial para decidir la distribución de los fondos para investigación, y esta forma de control ha sido aceptada por los agentes. En este sentido, un rasgo característico de las políticas científicas ha sido la creación de agencias intermediarias de financiación. La principal tarea de estas agencias de intermediación o consejos de investigación (*Research Councils*) es la distribución de fondos para investigación en base a un proceso competitivo entre proyectos de investigación, evaluados básicamente a través del sistema de evaluación por pares. Los consejos de investigación deben

3. Los conceptos de *policy network* y *governance system* vienen a resaltar la importancia de la coordinación y cooperación entre agentes de distintos sectores, ámbitos y niveles en la resolución de problemas (en este caso, la innovación).

ser capaces de equilibrar los intereses a menudo contrapuestos entre políticos (u otros actores externos a la ciencia) y científicos.

Los consejos de investigación tradicionales se identifican fuertemente con la comunidad científica y la monitorización se organiza mediante procesos de evaluación por pares que son dominados por comunidades de científicos, quienes también solicitan financiación. En tal situación, el Gobierno transfiere los recursos, pero los científicos retienen en realidad buena parte del control. La literatura principal-agente se centra en buena medida en los problemas del principal para resolver el dilema de la política científica por medio de la institución del *peer review* (Braun, 1993 y 1998; Caswill, 2003; Guston, 2000; Morris, 2003; Van der Meulen, 1998 y 2003). El personal de las agencias de intermediación (sobre todo, el personal decisor y de paneles de revisión) es reclutado de entre la comunidad científica, lo que hace que se puedan comunicar con los científicos en su propio idioma. Esto facilita la financiación de las actividades de investigación, por un lado, pero, por otro, puede llevar a una identificación excesiva con las percepciones e intereses de los agentes.

No obstante, entre la agencia de intermediación y la comunidad científica se da una relación de interdependencia: por un lado, si la agencia pierde la confianza de la comunidad científica, pone en peligro su posición como agente dentro del sistema político al no poder cumplir su función; pero, por otro, la comunidad científica se arriesga a perder importantes recursos para la investigación (e influencia en las políticas de investigación por medio de los órganos de decisión) si no responde a los criterios de las agencias de intermediación.

La confianza en la ciencia se manifiesta en la financiación a instituciones de manera genérica (*block grant*) y en la distribución de fondos competitivos para proyectos solicitados por los investigadores, donde éstos eligen los temas y ejecutan la investigación con libertad de acción. El principal transfiere el derecho a decidir, actuar y controlar al sistema científico. Se confía en la comunidad científica para establecer su propio sistema de control a través de la evaluación por pares, y se espera que haya una convergencia de las actividades de los agentes y los intereses políticos a medio y largo plazo. Dentro de esta política de patronazgo, el principal fue introduciendo recursos para áreas prioritarias definidas por criterios políticos externos, paralelos a los fondos normales sin condiciones (fondos institucionales y de promoción general del conocimiento) hacia el sistema científico. Se trató de que los científicos dirigieran sus actividades en parte hacia las áreas temáticas formuladas por las agencias de financiación. Sin embargo, los incentivos no fueron muy fuertes mientras había financiación sufi-

ciente para hacer investigación no dirigida y la carrera científica seguía fuertemente anclada en el sistema científico (Braun, 2003).

La instauración de la financiación competitiva (en base a la evaluación por pares) y el sistema de recompensas permitió el desarrollo autónomo de la ciencia y la institucionalización de la actividad científica en las sociedades avanzadas (para el caso español, véase Fernández Carro, 2001). Es claro que la autonomía de la ciencia y el apoyo a largo plazo de la investigación básica son necesarios (Ziman, 1984; 1990, 31), pero la imposibilidad de un crecimiento exponencial continuado de los recursos dedicados conduce a la necesidad de mantener un equilibrio entre la autonomía de la ciencia y las demandas sociales (Ziman, 1990). En contra de la «mitología» de los científicos, según la cual el sistema de revisión por pares cumpliría todas las funciones necesarias en el control de la ciencia (Cozzens *et al.*, 1990, 203), o frente a la visión de los «derechos adquiridos por la República de la Ciencia» (Rip, 1996, 62-63), en los últimos años se han implantado nuevas formas de planificación y control (establecimiento de prioridades, evaluación, investigación estratégica, financiación a programas), que indican que la confianza en los procesos de autoorganización en ciencia ha descendido. Las consideraciones económicas y políticas tienen un peso creciente en las políticas científicas, dándose una importancia cada vez mayor a la utilidad de los resultados científicos en el proceso de innovación tecnológica. Se han introducido nuevos criterios tales que la relevancia y la valorización de la investigación, así como la interacción entre centros de investigación, empresas y otros agentes de investigación tecnológica.

Los criterios de financiación para la investigación académica cada vez están más orientados a una misión, más basados en contratos y cada vez son más dependientes de *outputs*. Se están introduciendo nuevos mecanismos de financiación competitiva, descendiendo la financiación institucional y aumentando la financiación contractual y la financiación para programas de investigación específicos que requieren redes entre instituciones y programas de investigación interdisciplinar (Senker, 1999; OECD, 2002). De esta manera, la reputación no se construye solamente en base a las publicaciones, sino que se relaciona cada vez en mayor medida con el logro de subvenciones, que empieza a determinar el «valor» de los investigadores en sistema científico. El *steady state* establece un mercado de financiación con recursos ligados a programas y a corto plazo, forzando a los científicos a competir por ese dinero (Braun, 2003).

Se ha alertado de que, cuanto más se reduce la financiación sin condiciones, los científicos aumentan en mayor medida sus esfuerzos

para cumplir con los deseos del Gobierno, lo que puede ir en detrimento de la investigación básica, que es la misión fundamental de la Universidad (OECD, 2002). El aumento de la financiación por proyectos genera también una preocupación sobre la financiación de la infraestructura universitaria, que en muchos países se financia a partir de fondos institucionales, puesto que la financiación por proyectos no cubre normalmente tales costes (OECD, 2001). Por otro lado, el aumento de la dependencia de los institutos públicos de investigación de contratos para investigación del Gobierno o de la industria puede afectar a la imparcialidad de estos organismos y su independencia en la función de asesoría científica que cumplen (Senker, 1999).

La identificación de prioridades de investigación socava en cierto modo la autonomía que anteriormente tenían las agencias de financiación para distribuir los fondos entre las diferentes áreas científicas. Se produce una aproximación «de arriba hacia abajo» donde el Gobierno demanda a los agentes del sector público de I+D que produzcan investigación relevante para los usuarios y un porcentaje creciente de los fondos para investigación se distribuye a programas de investigación estratégica o a prioridades determinadas por criterios políticos. Asimismo, cada vez hay una mayor participación de la industria y de la sociedad civil en la selección de prioridades. Al hablar de programas como el *Foresight* británico se pone de relieve no sólo su valor para prever áreas potenciales de investigación, sino el hecho de ser un marco para la interacción entre científicos, representantes de la industria y de la sociedad civil.

Uno de los rasgos más sobresalientes de la política científica actual es la implicación de la industria en el proceso de formación de políticas. Un ejemplo es la participación creciente de la industria en los órganos de decisión de las agencias de intermediación. Actualmente, los consejos de investigación tienen que adaptar sus prácticas de financiación a las nuevas necesidades de los principales participantes: Gobierno, científicos y, cada vez más, industria.

La entrada de la industria y los usuarios en la configuración de las políticas complica la relación triádica tradicional (Gobierno-agencias de intermediación-científicos). Los nuevos agentes financiadores tienen a menudo una posición ambigua, ya que pueden entrar en la configuración con diferentes papeles: como nuevo principal, como alianza de agentes o principales, o como una fuente alternativa de financiación. Así, los agentes pueden centrarse en los intereses de la industria para definir sus objetivos y actuaciones como una alternativa respecto a los intereses y objetivos del principal y la agencia de financiación tradicionales (Van der Meulen, 2003).

Con la disminución de los fondos institucionales de investigación ha aumentado la dependencia de los científicos respecto a las agencias de financiación (un caso claro a este respecto es el Reino Unido do , donde los consejos de investigación distribuyen un 32% del gasto público en I+D) (OECD, 2001). Además, los fondos institucionales (*block grant*) se dan cada vez más con un propósito en mente, a través de instrumentos como el contrato-programa en el caso de la Universidad (Braun, 2003).

## 7. POLÍTICAS Y AGENTES DE I+D

Desde un punto de vista de política científica, es importante comprobar hasta qué punto y de qué modo los agentes reorientan sus estrategias y líneas de investigación (por ej., hacia áreas prioritarias) a partir de los nuevos instrumentos y objetivos. La teoría de la dependencia de recursos de J. Pfeffer y G. R. Salancik (1978) ofrece un marco útil para conceptualizar las relaciones entre políticas y organizaciones dependientes en buena medida de recursos públicos, como son los agentes de I+D. Esta teoría enfatiza las estrategias autónomas utilizadas por las organizaciones para responder al control externo, corrigiendo así el énfasis de la perspectiva institucional en las normas, valores y condicionamientos procedentes del entorno.

El grado de control externo sobre una organización depende, entre otras, de las siguientes condiciones: 1) importancia del recurso para la actividad de la organización y control de organizaciones externas sobre dicho recurso; 2) disponibilidad de fuentes alternativas para la obtención de dicho recurso; 3) visibilidad de las actividades o resultados de la organización para el controlador externo; y 4) grado de control de la organización sobre la formulación de las demandas por parte del agente controlador externo (*ibid*., 44 y 108). Respecto al punto segundo es obvio que la existencia de un único agente (principal) controlador externo (o la coordinación entre agentes externos) aumenta el control sobre las organizaciones dependientes. En nuestro campo de interés, la pluralidad y descentralización de fuentes de financiación de la investigación es considerada positiva (Teich, 1990; Guston, 1996; Block, 1990; Barré, 1990), pero se plantea el problema de la coordinación de las políticas (Sanz, 1997).

En cuanto al punto tercero, la evaluación de actividades de I+D, sujetas a un alto grado de incertidumbre e intangibilidad (Ziman, 1984), es especialmente difícil. Desde la teoría de la agencia se ha señalado la importancia de los problemas de la «asimetría de información» (sólo

los especialistas en un área de investigación son capaces de evaluar las contribuciones a dicha área), la «selección adversa» (posible selección de agentes inapropiados) y el «riesgo moral» (posibilidad de que los agentes persigan sus propios objetivos individuales, «engañando» al principal) (Guston, 1996; Van der Meulen, 1998).

El problema de la visibilidad y el control de las actividades de I+D tiene dos vertientes. Por un lado, genera el peligro de «captura» de las políticas de I+D por parte de los agentes de I+D (Sanz, 1997), como ya hemos señalado al hablar de las agencias intermediarias de financiación y relacionado con el punto cuarto mencionado anteriormente. No obstante, por otro lado, el problema de la dificultad de la medición de resultados y el control, unido a otras características de la producción de conocimiento (baja capacidad de los agentes de investigación para obstruir procesos sociales básicos; baja capacidad y necesidad de los agentes de investigación para la acción colectiva entre sí) hace que los agentes de I+D (especialmente, los de investigación básica) tengan poco poder (Schinmank y Stucke, 1994, 357-400). Esto se manifiesta en la debilidad de la política de I+D (y, especialmente, de la política científica) frente a otros ámbitos de políticas y en las dificultades de aumentar los recursos a ella dedicados, pese a la continua retórica actual sobre la sociedad del conocimiento.

Debido a que la política científica es un área de bajo interés político (de menor importancia que otras que reciben más recursos y producen resultados sociales más tangibles), no existen incentivos para introducir sistemas de monitorización que son costosos, lo que puede ofrecer oportunidades a los agentes para actuar de manera oportunista o egoísta (Braun, 1993).

Los grupos de investigación y agentes de I+D son organizaciones normalmente pequeñas, dependientes de los recursos que les llegan del exterior, y que desarrollan estrategias autónomas de reducción de tales dependencias (Pfeffer y Salancik, 1978; Sanz y Cruz, 2003). Los grupos desarrollan capacidades estratégicas que son la fuente de su ventaja competitiva. La formación de estas capacidades en la ciencia requiere inversiones importantes de tiempo, y no son fácilmente modificables. La estrategia se refiere a la especialización de un centro en unas áreas, problemas o líneas, así como a la autonomía en la elección de temas de investigación (Joly y Mangematin, 1996), y a la capacidad de planificación y estabilidad en relación con las fuentes externas de financiación (Crow y Bozeman, 1987).

Estos grupos u organizaciones responden a las demandas externas utilizando distintos tipos de tácticas que los permitan adaptarse a dichas demandas mientras mantienen el mayor grado posible de estrate-

gia y autonomía propias. Las tácticas van desde la posible participación en la formulación de las demandas, o en la definición de qué es una demanda satisfecha, hasta una cooperación (o incluso fusión) con otras organizaciones que haga aumentar su poder respecto al entorno, pasando por la diversificación de las fuentes de dependencia y por la ocultación o manipulación de información sobre las actividades propias.

Los grupos deben compatibilizar la especialización a medio-largo plazo con los cambios en las políticas y fuentes de financiación a corto plazo. Cabe preguntarse hasta qué punto pueden reorientarse las agendas de los grupos (al menos en parte) hacia áreas prioritarias definidas por las políticas. La capacidad de reorientación es limitada, puesto que los grupos basan su competitividad en la generación de capacidades estratégicas a medio-largo plazo. No es por ello extraño que en ocasiones recurran a tácticas de protección (*buffering*) respecto a los cambios en el entorno (Scott, 1992). También se ha indicado que la presión por la obtención de financiación pueden llevar a la producción de soluciones simples y «entregables prefabricados», evitando el debate sobre fundamentos y limitando el proceso académico de creación de conocimiento (Newell, Swan y Kautz, 2001)[4].

En un estudio sobre la investigación en el ámbito universitario hemos señalado que la existencia de fuentes de financiación diversas permite a los grupos compatibilizar su especialización con la exploración de nuevas líneas cercanas o investigación aplicada (Olazaran, Lavía y Otero, 2004). La «inyección» de una cantidad de recursos extra en el sistema constituye una palanca importante de cambio, aunque existe el peligro del surgimiento de comportamientos oportunistas.

En un estudio realizado sobre la investigación en grupos académicos británicos se ha señalado que los académicos gradúan su respuesta a la monitorización de acuerdo a la gravedad percibida con cumplir (Morris, 2003). Por ejemplo, el RAE (ejercicio de evaluación para financiar de manera selectiva el componente de investigación de la financiación pública de las universidades en el Reino Unido) promueve el cumplimiento de los requerimientos (debido a su vínculo directo con la financiación). Sin embargo, la diseminación de los resultados, aunque se especifica en las condiciones de la subvención, se trata como opcional.

En ese mismo estudio también se señala que, ante la discontinuidad de recursos, los agentes buscan múltiples principales y diversifican sus fuentes de financiación. Los agentes dedican mucho tiempo a estudiar

4. Newell, Swan y Kautz se refieren a grupos de investigación en gestión empresarial, pero cabe preguntarse hasta qué punto este fenómeno se produce también en otros campos interdisciplinares característicos de la «nueva producción del conocimiento».

las características de cada convocatoria y adaptarse a ellas, y creen que no tienen suficiente información sobre las políticas y preferencias de los agentes financiadores. Dentro de las tácticas empleadas para reducir la dependencia externa cabe mencionar el intento de construir relaciones a largo plazo a fin de ganarse la confianza de las empresas y departamentos del Gobierno, y la posible construcción de un *portfolio* oportunista.

En esta línea, otro estudio ha destacado que la manera en que los principales influyen sobre los científicos a través de los programas de investigación es limitada (Shove, 2003). El principal ve los programas como un medio de focalizar los esfuerzos de los científicos y maximizar el valor respecto a lo que de otra manera serían proyectos separados. Los programas son un medio por el que el principal busca asegurarse que los agentes se comprometan realmente con las prioridades y problemas del principal. Los programas se diseñan «de arriba hacia abajo»: son desarrollados y utilizados por los consejos de investigación en su papel de principales y su realización se basa en la implicación de agentes de investigación de diversos sectores.

Sin embargo, se señala que la influencia de las agencias de financiación (a través del instrumento «programa de investigación») es limitada. Los científicos usan los programas para sus propios propósitos, gestionando las diferentes oportunidades de financiación de múltiples programas. Los agentes hacen «artesanía» de manera diligente con los programas de investigación para hacer un ajuste entre su agenda de investigación y la del principal. De esta manera, para los agentes, el reto es construir un *portfolio* de investigación coherente a través de la participación secuencial (y en paralelo) en programas. Los agentes solicitan financiación de distintas fuentes para lo que para ellos es la misma cosa o un desarrollo lógico de un plan de trabajo interno consistente y coherente.

El análisis más extensivo de laboratorios de I+D que conocemos es el realizado por M. Crow y B. Bozeman (1998). Estos autores analizan los efectos que los cambios que se han producido en las políticas de I+D de Estados Unidos han tenido sobre los laboratorios[5], especialmente, el objetivo de aumentar las relaciones entre los laboratorios de I+D y la industria.

5. En Estados Unidos existen más de 16.000 laboratorios de I+D de más de 25 personas. La media de personal por sectores es la siguiente: 80 en los laboratorios industriales, 74,5 en los universitarios y 113 en los del sector público (*ibid.*, 78). Desde el punto de vista de la producción científico-tecnológica los más importantes (*the big players*) son unos mil, cuyo tamaño medio es el siguiente: 962 en el sector público, 282 en la industria, 194 en la Universidad y 320 en el sector de los laboratorios «híbridos» (*ibid.*, 127).

En su análisis, Crow y Bozeman llegaron a interesantes conclusiones. La primera es que existe una gran diversidad de tipos de laboratorios. Existe, por tanto, una gran diversidad de tipos de agentes de I+D, pero esto no quiere decir que cualquiera puede hacer cualquier cosa. Cada laboratorio de I+D hace bien unas pocas cosas. Unos son buenos en investigación básica, otros en transferencia de tecnología, y ampliar la misión de los laboratorios tiene sus peligros. Por ejemplo, aumentar el nivel de transferencia tecnológica de un laboratorio de investigación básica puede traer un descenso en la calidad de ésta. Otro posible efecto negativo de las políticas que impulsan la transferencia es el «imperialismo» (invasión por un agente de un terreno más específico de otro). Ante los cambios en las políticas, los agentes de I+D pueden responder con movimientos tácticos superficiales o forzados que frecuentemente generan consecuencias negativas. Crow y Bozeman concluyen que, para que un agente de I+D genere resultados positivos, es necesario que tenga autonomía y una misión clara. Es lícito y necesario pedirle resultados (*accountability*), pero los resultados serán de un tipo determinado, no de muchos tipos.

En esta línea, un interesante punto de la teoría de la dependencia de recursos es que la conformidad con los requerimientos externos puede resultar negativa para los objetivos de la organización a medio y largo plazo (Pfeffer y Salancik, 1978, 94-95). La pérdida de capacidad de decisión propia y autonomía causada por la conformidad ante demandas contradictorias puede provocar que la organización sea incapaz de responder a demandas futuras. Así, la ampliación excesiva de la misión de los agentes (Crow y Bozeman, 1998) o la competencia excesiva ante las fuentes de financiación (Schimank y Stucke, 1994, 394-395) pueden tener efectos negativos en la generación de capacidades de I+D, proceso que tiene lugar en el medio-largo plazo.

Los cambios, con las oportunidades y peligros que entrañan, están afectando en particular al sector público. En este sector se está produciendo una convergencia institucional entre los diferentes agentes de investigación, que tradicionalmente tenían funciones diferenciadas. Se está produciendo una difuminación de los límites entre los papeles de la investigación universitaria y los laboratorios del Gobierno-OPI orientados a una misión, en un contexto en el que los agentes deben competir unos con otros para conseguir contratos del Gobierno o de la industria (además, en ocasiones, en áreas restringidas por las prioridades marcadas por el Gobierno). Se ha señalado el riesgo de que, si los diferentes agentes responden a las mismas señales del mercado, se pueden volver demasiado similares entre sí, estrechando de este modo las capacidades del sistema (Georghiou, 2001). La potencialidad po-

sitiva de esta situación se derivaría de la colaboración entre universidades y OPI (muy notable en el caso francés con las unidades mixtas CNRS-Universidad) y en la consiguiente generación de mayores capacidades científicas (Larédo y Mustar, 2001).

Dentro del sector público de I+D, la Universidad como agente está ganando una creciente importancia, ya que es considerada por los gobiernos como un recurso de investigación más flexible y con una mayor capacidad de cambiar la investigación rápidamente a nuevas áreas si surge la necesidad (Senker, 1999; Schimank y Winnes, 2000).

Esta relevancia de la Universidad se relaciona con la erosión que se está dando en los sistemas *block grant* a favor de una financiación competitiva. En esta institución, la existencia de mecanismos de financiación separados para docencia e investigación puede suponer una ruptura importante con el modelo von humboldtiano de unidad de dichas funciones, produciéndose una diferenciación creciente entre profesores y/o departamentos orientados a la docencia (con un nivel mínimo de infraestructura, fondos y personal para investigación), por un lado y, por otro, una minoría que disfrutaría de obligaciones de docencia reducidas y una financiación privilegiada que le permitiría centrarse en la formación doctoral e investigación (Clark, 1995; Schimank y Winnes, 2000).

Esta tendencia de crecimiento de la Universidad frente a los OPI está de acuerdo con algunos estudios que sugieren que la investigación universitaria es más eficiente que los OPI en la contribución al crecimiento económico (Guellec y Pottelsberghe, 2002). No obstante, el debate sobre el papel de los distintos agentes del sector público (OECD, 2002; Poti y Reale, 2000; Senker, 1999) dista de estar cerrado y, en todo caso, se duda de la capacidad de las universidades para satisfacer las necesidades de las pymes (Senker, 1999). Otros agentes como los centros tecnológicos (generalmente, semipúblicos o privados sin ánimo de lucro) juegan un papel importante en la intermediación con la empresa y en la aplicación de conocimiento en la misma (Brugarolas y Alcouffé, 1999; Cotec, 2003).

## 8. CONCLUSIÓN

En la primera parte de este documento se ha analizado la ciencia como institución social con su sistema de comunicación, intercambio y valores diferenciado. La evolución de la sociología internalista de la ciencia puede verse como un debate sobre el sistema de intercambio. El análisis funcionalista de la ciencia fue criticado y completado atendiendo

a los procesos sociales de producción y validación del conocimiento y de conflicto y cambio científico.

En la segunda parte hemos elevado el nivel de análisis desde la comunidad científica a la política científica (o control social externo de la ciencia). En este nivel, la institución de la evaluación por pares, núcleo del sistema de intercambio, sigue teniendo una importancia crucial. Hemos mostrado que la forma tradicional de control de la ciencia, a través de los consejos de investigación y el sistema *peer review*, está siendo modificada de distintas maneras, como son el surgimiento de nuevas agencias de financiación y la participación de los usuarios y la industria. El concepto de red o sistema de innovación, con el Gobierno como animador en la formulación de estrategias colectivas, está sustituyendo a la división de tareas y agentes tradicional en el modelo lineal.

Los nuevos instrumentos (aumento proporcional de la financiación vía contrato o programa, investigación estratégica, consejos de investigación como «lugartenientes» de los Gobiernos, nuevos sistemas de evaluación, participación de agentes industriales en las políticas, etc.) abren nuevas oportunidades en la generación y aplicación de conocimiento, pero también pueden provocar importantes tensiones al tener que responder los agentes de investigación a demandas contradictorias, con el consiguiente peligro de debilitamiento de sus capacidades principales.

La cuestión de la política científica, esto es, el dilema de cómo combinar la autonomía de la ciencia con la dinamización y control social externo de la misma, sigue, pues, más abierta que nunca.

## BIBLIOGRAFÍA


Barnes, B, (1982), *Kuhn y las ciencias sociales*, FCE, México.

Barnes, B. (1985), *Sobre ciencia*, Labor, Barcelona.

Barnes, B. (1995), *The Elements of Social Theory*, University College London Press, London.

Barré, R. (1990), «Strategic processes and R&D indicators: Towards a key role in R&D management systems», en S. E. Cozzens *et al.* (eds.) (1990), 227-239.

Block, H. J. (1990), «The university system in transition: possibilities and limitations of universities in the *steady-state*», en S. E. Cozzens *et al.* (eds.) (1990), 35-50.

Bourdieu, P. (1975), «The specificity of the scientific field and the social conditions of the progress of reason»: *Social Science Information*, 14, 19-47.

Braun, D. (1993), «Who governs intermediary agencies? Principal-Agent relations in research policy making»: *Journal of Public Policy,* 13/2, 135-162.

Braun, D. (1998), «The role of funding agencies in the cognitive development of science»: *Research Policy*, 27, 807-821.

Braun, D. (2003), «Lasting tensions in research policy making- a delegation problem»: *Science and Public Policy*, 30/5, 309-321.
Brazcyk, H. J., Cooke, P. y Heidenreich, M. (eds.) (1998), *Regional Innovation Systems: The Role of Governances in a Globalized World*, University College London Press, London.
Brugarolas, E. y Alcouffé, A. (1999), «The Triple Helix model: interaction between functional and institutional dynamics: a case study of Midi-Pyrenees and Rhone-Alpes»: *Regional Innovation Systems in Europe*, NECSTS/RICTES Conference Proceedings.
Bush, V. (1945), *Science – The Endless Frontier*, NSF, Washington DC.
Callon, M., Courtial, J. P. y Penan, H. (1993), *Cienciometría. El estudio cuantitativo de la actividad científica: de la bibliometría a la vigilancia tecnológica*, Trea, Gijón.
Caracostas, P. y Muldur, U. (1998), *Society, The endless frontier. A European vision of research and innovation policies for the 21st century*, Comisión Europea, DG XII, Bruselas.
Caswill, C. (2003), «Principal, agents and contracts»: *Science and Public Policy,* 30/5, 337-346.
Clark, B. R. (1995), *Places of Inquiry. Research and advanced education in modern universities*, University of California Press, California.
Cooke, P. y Morgan, K. (1998), *The associational economy. Firms, regions and innovation*, Oxford University Press, New York.
COTEC (2003), *Las infraestructuras de provisión de tecnología a las empresas,* Cotec, Madrid.
Cozzens, S. E. *et al.* (eds.) (1990), *The Research System in Transition*, Kluwer Academic, Dordrecht.
Crow, M. y Bozeman, B. (1987), «R&D laboratory classification and public policy: The effects of environmental context on laboratory behavior»: *Research Policy*, 16, 229-258.
Crow, M. y Bozeman, B. (1998), *Limited by Design: R&D Laboratories in the US National Innovation System*, Columbia University Press, New York.
De Solla Price, D. J. ([1963] 1973), *Hacia una ciencia de la ciencia*, Ariel, Barcelona.
Dickson, D. (1988 [1984]), *The New Politics of Science*, University of Chicago Press, Chicago.
Edquist, C. (ed.) (1997), *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, Frances Pinter, London.
Elzinga, A. y Jamison, A. (1995): «Changing policy agendas in science and technology», en S. Jasanoff *et al.* (eds.), *Handbook of Science and Technology Studies*, Sage, Thousand Oaks (CA), 572-597 (trad. cast. en *Zona Abierta*, 75-76 [1996]).
Fernández Carro, R. (2001), *Regímenes políticos y actividad científica. Las políticas de la ciencia en las dictaduras y en las democracias*, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, tesis doctoral.
Georghiou, L. (2001), «The United Kingdom National System of Research, Technology and Innovation», en P. Laredo y P. Mustar (eds.), *Research*

*and Innovation Policies in the New Global Economy. An International Comparative Analysis,* Edward Elgar, Chentelham.

Gibbons, M. *et al.* (1994), *La nueva producción del conocimiento: La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*, Pomares-Corredor, Barcelona.

Guellec, D. y Pottelsberghe, B. (2001), «R&D and productivity growth: A panel data analysis of 16 OECD countries»: *STI Working Papers*, 2001/3, OECD, Paris.

Guston, D.H. (1996), «Principal-agent theory and the structure of science policy»: *Science and Public Policy*, 23/4, 229-240.

Guston, D. H. (2000), *Between politics and science,* Cambridge University Press, New York/Cambridge.

Joly, P. B. y Mangematin, V. (1996), «Profile of public laboratories, industrial partnerships and organization of R&D: the dynamics of industrial relationships in a large research organization»: *Research Policy*, 25, 901-922.

Knorr-Cetina, K. D. y Mulkay, M. (1983), *Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science,* Sage, London.

Kuhn, T. S. (1962), *La estructura de las revoluciones científicas*, FCE, México, 1975.

Larédo, P. y Mustar, P. (2001): «French Research and Innovation Policy: Two decades of transformation», en Íd. (eds.), *Research and Innovation Policies in the New Global Economy. An International Comparative Analysis,* Edward Elgar, Chentelham.

Latour, B. (1987) *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers throughout Society*, Open University Press, Milton Keynes (trad. cast.: *Ciencia en acción*, Labor, Barcelona, 1992).

Latour, B. y Woolgar, S. (1982), «The Credibilidy Cicle», en B. Barnes, y D. Edge (eds.), *Science in Context: Readings in the Sociology of Science*, The Open University Press, Milton Keynes.

Lundvall, B. A. (ed.) (1992), *National Systems of Innovation. Towards a theory of innovation and interactive learning*, Pinter, London.

Maskell, P. (2001), «Social capital, innovation and competitiveness», en S. Baron, J. Field y T. Schuller (eds.), *Social Capital: Critical perspectives,* Oxford University Press, Oxford.

Merton, R. K. (1973), *La sociología de la ciencia*, 2 vols., Alianza, Madrid.

Morris, N. (2003), «Academic researchers as 'agents' of science policy»: *Science and Public Policy*, 30/5, 359-370.

Newell, S., Swan, J. y Kautz, K. (2001), «The role of funding bodies in the creation and diffusion of management fads and fashions»: *Organization*, 8/1, 97-120.

OECD (2001), «Steering and funding of research institutions. Country Report: UK», en Íd., *Governance of Public Research: Toward Better Practices*, OECD, Paris.

OECD (2002), «Changing Government Policies for Public Research: from Financing Basic Research to Governing the Science System», en Íd., *OECD Science, Technology and Industry Outlook*, OECD, Paris, 157-178.

Olazaran, M. (1993a), «A Sociological History of the Neural Network Controversy»: *Advances in Computers*, 37, 335-425.
Olazaran, M. (1993b), «Controversias y emergencia del conexionismo: una perspectiva histórica y sociológica»: *Revista Internacional de Sociología*, 4, 91-122.
Olazaran, M. y Gómez Uranga, M. (eds.) (2001), *Sistemas regionales de innovación*, Servicio Editorial de la UPV-EHU, Bilbao.
Olazaran, M., Lavia, C. y Otero, B. (2004), «¿Hacia una segunda transición en la ciencia? Política científica y grupos de investigación»: *Revista Española de Sociología,* 4, 143-172.
Pfeffer, J. y Salancik, G. R. (1978), *The External Control of Organizations: A Resource Dependence Perspective*, Harper and Row, New York (nueva ed., 2003).
Poti, B. y Reale, E. (2000), «Convergence and differentiation in institutional change among European public research systems: the decreasing role of public research systems»: *Science and Public Policy,* 27/6, 421-431.
Rip, A. (1996 [1994]) «La República de la Ciencia en los años noventa»: *Zona Abierta*, 75-76, 57-89.
Sanz-Menéndez, L. (1997), *Estado, ciencia y tecnología en España (1939-1997)*, Alianza, Madrid.
Sanz-Menéndez, L. y Cruz-Castro, L. (2003), «Coping with environmental pressures: public research organizations responses to funding crises»: *Research Policy*, 32, 1293-1308.
Schinmank, U. y Stucke, A. (eds.) (1994) *Coping with Trouble: How Science Reacts to Political Disturbances of Research Conditions*, Campus, Frankfurt, 7-34 y 357-400.
Schimank, U. y Winnes, M. (2000), «Beyond Humboldt? The relationship between teaching and research in European university systems»: *Science and Public Policy*, 27/6, 397-408.
Scott, W. R. (1992), *Organizations: Rational, Natural and Open Systems*, 3.ª ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
Senker, J. (coord.) (1999), *European Comparison of Public Research Systems (PSRE),* proyecto financiado por la Comunidad Europea (n.º SOE1-CT96-1036), informe final.
Shove, E. (2003), «Principal, agents and research programmes»: *Science and Public Policy,* 30/5, 371-381.
Storper, M. (1997), *The Regional World. Territorial Development in a Global Economy*, The Guildford Press, New York.
Teich, A. H. (1990), «US science policy in the 1990s: new institutional arrangements, procedures and legitimations», en S. E. Cozzens *et al.* (eds.) (1990), 67-91.
Torres, C. (1994), *Sociología política de la ciencia,* Centro de Investigaciones Sociológicas, Madrid.
Van der Meulen, B. (1998), «Science policies as principal-agent games. Institutionalization and path dependency in the relation between government and science»: *Research Policy*, 27, 397-414.

Van der Meulen, B. (2003), «New roles and strategies of a research council: intermediation of the principal-agent relationship»: *Science and Public Policy,* 30/5, 323-336.

Ziman, J. (1984), *An Introduction to Science Studies. The Philosophical and Social Aspects of Science and Technology*, Cambridge University Press, Cambridge.

Ziman, J. (1990), «What is happening to science?», en S. E. Cozzens *et al.* (eds.) (1990), 23-33.

# LAS POLÍTICAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

*Hebe Vessuri e Isabelle Sánchez-Rose*

## 1. INTRODUCCIÓN

En el curso de la historia, nuevas ideas, conceptos y ambiciones aparecieron una y otra vez, manteniendo relaciones complejas con instituciones existentes, dando forma y reformando su estructura e induciendo el surgimiento de órdenes institucionales novedosos. En años recientes, para entender mejor las dinámicas de la ciencia y la tecnología, los estudiosos han comenzado a prestar atención a los marcos conceptuales, organizacionales y políticos que rodean la producción y uso del conocimiento. El contexto mismo en el cual se produce el conocimiento ha pasado a ser una preocupación central de las instituciones gubernamentales y en los procesos políticos.

Las interrogantes clásicas de la política son: ¿Quiénes gobiernan? ¿Cómo gobiernan? ¿Cuáles son los resultados para las vidas y bienestar de los ciudadanos? (Heidenheimer, Heclo y Teich Adams, 1990). Dada la creciente interdependencia en el actual mundo globalizado, las estrategias de política adoptadas en un país poderoso a menudo tienen impactos importantes sobre la capacidad de maniobra y, por consiguiente, la elaboración de políticas en otros países, de modo que la pregunta respecto a cómo un gobierno elige actuar no puede hacerse considerando exclusivamente los límites de ese Estado-nación. Junto a este reconocimiento inicial hay otros, como la necesidad de revisar las dicotomías convencionales que tradicionalmente dieron forma al lenguaje de la política científica —conceptos como conocimiento disciplinario o interdisciplinario, investigación básica y aplicada, sector público y privado, conocimiento universal y ciencia na-

cional, conocimiento científico y conocimiento tradicional o *saber cómo* empírico— hoy profundamente cuestionadas.

Una de las dicotomías en revisión es la de la política científica y la política de la ciencia. La *política científica* fue definida de manera funcional como las medidas colectivas que un Gobierno toma para, por un lado, estimular el desarrollo de la investigación científica y técnica y, por el otro, explotar los resultados de esta investigación para objetivos políticos generales (Salomon, 1974). La noción de *política de la ciencia,* en cambio, se usó para referirse a la interacción entre la ciencia y el poder, es decir, la movilización de la ciencia como recurso en relaciones internacionales, el uso de la ciencia por grupos de interés para aumentar su poder e influencia en la sociedad y el ejercicio del control social sobre el conocimiento. Se suponía que ambas tienen lugar en diferentes *contextos,* involucrando a diferentes *personas* y conduciendo a agendas distintas. Compartían, sin embargo, una preocupación común: la producción de conocimiento y el uso del conocimiento producido en la sociedad.

El peso creciente del conocimiento en la sociedad, sin embargo, ha llevado a reconocer el carácter, en última instancia artificial, de esta distinción. La expansión irrestricta del conocimiento científico y tecnológico abre inquietantes interrogantes sobre sus consecuencias sociales. Hoy el principal motor del conocimiento es el capital. ¿Cómo evitar ser devorados por una poderosa tecnociencia? No sorprende observar las crecientes demandas para domesticar, regular, manejar de alguna forma e incluso suprimir ese conocimiento y sus impactos (Stehr, 2003). Es difícil generar escenarios robustos para la política del conocimiento y éstos no son de ninguna manera obvios. No obstante, la política del conocimiento toma forma como una arena de actividad y elección significativa. Puede preverse que la política del conocimiento, que es la forma que adoptan actualmente las políticas científicas y tecnológicas, tendrá un impacto importante en las sociedades futuras.

Además de los científicos, de la propia ciencia y de quienes tienen intereses creados en ella, el mundo actual incluye también a quienes fueron parte de su instrumentalidad o gobernabilidad, pero que por razones de status económico, raza o género resultaron excluidos de sus normas de racionalidad, o de sus prescripciones de progreso. Los *descontentos* de la Modernidad ofrecen un cuadro a veces competitivo del conocimiento, diferentes formas de identidad y agencia, y producen descripciones no equivalentes del mundo. Entre los esfuerzos de manejar la incomodidad creciente con una ciencia que no pocos ven como desbordada hay un florecimiento de iniciativas, relacionadas todas con la mediación (política) entre la ciencia y la sociedad: pro-

gramas de comunicación científica (www.scielo.org, www.scidev.net), de comprensión social de la ciencia (la revista inglesa *Public Understanding of Science* y más cerca de nosotros, la revista brasileña *Ciencia Hoje* y su homóloga argentina *Ciencia Hoy*), de popularización de la ciencia (Red de Popularización de la Ciencia y la Tecnología para América Latina y el Caribe [Red-POP]), Museo de Ciencia y el Juego (Brasil) y Maloka en Colombia, de percepción pública de la ciencia (Proyecto Iberoamericanco de Indicadores de Percepción Pública, Cultura Científica y Participación Ciudadana), de estudios sociales de la ciencia (como los de las universidades de Campinas, UNAM, Quilmes e IVIC) y de ciencia, tecnología y sociedad (la iniciativa de la OEI de biblioteca virtual sobre Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación [CTS+I, www.oei.es] y la Asociación Latinoamericana de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (ESOCITE).

La comunidad científica de los años cincuenta, que convivió con la noción convencional de política científica, se caracterizó, en general, por desarrollarse en ambientes con amplias oportunidades de expansión, unos pocos centros o universidades dedicados a la investigación, una elevada concentración de los recursos para la ciencia, poca competitividad internacional, aunque se reconocía una estratificación entre los países, una institución social eficaz como la de la evaluación de los pares, que satisfacía los requisitos del mérito y calidad científicos; y una suerte de derecho a un estatus especial de los profesores universitarios, incluyendo a quienes hacían ciencia, que los fue configurando como una meritocracia dentro de los sectores medios de muchas sociedades contemporáneas.

Hace algún tiempo hemos entrado en una etapa muy diferente, caracterizada, entre otros, por un reclamo de mayor inclusión en términos sociales, la reconsideración de las instituciones de la ciencia, en particular de las universidades, que a menudo se espera que provean la solución para todos los males, aunque en no pocos países se ha esclerosado el espíritu de iniciativa que las caracterizaba, y la desmitificación de la propia ciencia. Pese a que las tradiciones son difíciles de romper, pues su misma familiaridad, seguridad y predictibilidad les dan una fuerza y resistencia notables, las condiciones en las que se hace ciencia y tecnología hoy en día han cambiado sustancialmente con relación a medio siglo atrás. Las comunidades científicas de varios países iberoamericanos en el presente tienen rasgos burocráticos muy marcados con carreras estables, donde el peso de los arcaísmos institucionales es muy fuerte; no obstante, todas están tocadas de muchas formas por fuerzas de cambio, que no son todas necesariamente favorables: el aumento de la cantidad de empresas que hacen investi-

gación, la multiplicación de los contratos entre empresas y laboratorios públicos, el mayor o menor peso de las asociaciones de utilidad pública según los países, la valorización de las regiones y, ciertamente, la irrupción de la integración sudamericana en la agenda política y económica. Si las políticas científicas logran articular y efectivizar las transformaciones necesarias, serán vistas como componentes positivos en la realización de las intervenciones necesarias en la sociedad.

## 2. DEL CONOCIMIENTO DISCIPLINARIO A LOS ENFOQUES COGNITIVOS ORIENTADOS A PROBLEMAS

En el siglo XIX y durante la primera mitad del siglo XX, la unidad de la ciencia y su posición prominente comparada con otras formas de conocimiento fueron en gran medida incuestionables. La dinámica cognitiva de la ciencia, junto con su organización social, llevaron a la creación de la ciencia básica a través del establecimiento de las disciplinas científicas y de métodos para la producción, diseminación y legitimación del conocimiento científico, el cual llegó a ser aceptado como canónico. Su inmunidad social se mantuvo exitosamente mientras conservó su base experimental suficientemente restringida, ya que la presentación de hipótesis, recolección de datos y establecimiento de evidencia crítica para rechazar hipótesis inválidas tenían lugar en una escala relativamente pequeña de espacio y tiempo, dentro del marco de la tradición analítica y en el contexto de lo que se describe usualmente como ciencia básica, pura, académica.

La ciencia disciplinaria se hacía en las universidades, laboratorios e institutos de investigación y desarrollo públicos y privados, los cuales evolucionaron como instituciones estratégicas de conocimiento que empleaban una variedad de capital intelectual y gozaban de un grado de autonomía y «distanciamiento social» en el desarrollo de su actividad: la producción de conocimiento. Aunque, en algunos países, las universidades ocuparon posiciones secundarias como productoras de nuevo conocimiento por detrás de los institutos públicos de investigación que liderizaban el avance de las actividades de investigación, en general, las universidades incubaron y más tarde surgieron como los sitios que favorecieron la multiplicación disciplinaria y la creciente especialización, con sus concomitantes del profesorado universitario, la cultura académica, etc. (Clark, 1995). En general, la ciencia académica tuvo una cultura normativa que difería marcadamente de la ciencia industrial, y esto tuvo un fundamento epistemológico-institucional: las disciplinas científicas fueron en buena medida el sustrato para la orga-

nización de la estructura universitaria en torno a facultades, departamentos y cátedras.

Aunque la ciencia aplicada, es decir, la ciencia dirigida a la resolución de problemas técnicos concretos, también evolucionó en el siglo XIX, por largo tiempo, la creciente disponibilidad de técnicas novedosas en la sociedad se explicó socialmente como derivando del desarrollo autónomo de la ciencia teórica más que de una demanda especial de tecnología en tanto medio de resolver problemas prácticos. A medida que la industrialización empezó a tener un impacto mayor, el conocimiento en los países avanzados comenzó a verse cada vez más como un *continuum* influenciado por dos conjuntos de fuerzas dominantes: en un extremo, las fuerzas de mercado de bienes y servicios y, en el otro, las fuerzas vinculadas a los intereses y objetivos de los investigadores profesionales, funcionando todavía independientemente en círculos académicos (Clark, 1987). Esas dos fuerzas fueron responsables en buena medida de la creciente internacionalización tanto de la industrialización como de la investigación y la consiguiente transformación de la empresa científica.

Con el tiempo, los hallazgos más interesantes llegaron a ser reconocidos como derivando cada vez más de la interacción estrecha de dos o más disciplinas científicas o tecnológicas y tradiciones de práctica. En el largo plazo, la preocupación académica por mantener y fortalecer territorios disciplinarios particulares ha empezado a ser vista como un riesgo que traba el compromiso de la ciencia, la ingeniería y la tecnología con los objetivos del desarrollo sustentable, el cual se ha revelado como una meta insoslayable para asegurar la sobrevivencia de la vida en el planeta.

Cambios en la sociedad y en el uso del conocimiento han transformado radicalmente la ciencia con respecto a sus prácticas de investigación, instituciones y epistemologías. Las actividades industriales y militares experimentaron una modificación profunda en su relación con la ciencia y la maquinaria estatal de los países industrializados. Durante aproximadamente el último medio siglo, la actividad científica tuvo lugar en un contexto político dominado por la guerra fría, que supuso la reorganización de los procesos productivos y del conocimiento (Skolnikoff, 1993; Leslie, 1993; De Chadarevian, 2002), si bien diferentes dispositivos institucionales y regímenes de conocimiento continúan coexistiendo hasta hoy, con esfuerzos públicos, semipúblicos y privados en mundos que se fueron aproximando, lo que permitió una mayor variedad de soluciones y estructuras flexibles y adaptables. En este proceso de cambio, la ciencia ha llegado a ser vista más como un recurso para el crecimiento económico e industrial y

menos como una actividad universal y culturalmente valiosa. Sin embargo, la tendencia «económica» no se detuvo aquí.

El desarrollo exitoso de los mercados desde la Segunda Guerra Mundial requirió avances tecnológicos constantes. La competición llegó a ser tan intensa y los recursos técnicos tan complejos y costosos, que la industria tuvo que hacer uso de otros mecanismos, además de gigantescas inversiones en dispositivos globales, para operar efectivamente en el nivel supranacional. Las corporaciones multinacionales establecieron una infraestructura extendida que les permitió desarrollar vínculos con fuentes externas de tecnología. Su participación sustancial en la producción y comercio mundiales les otorgó ventajas de oportunidad de crecimiento en nuevos mercados y por esa vía obtuvieron información oportuna de las fuentes del cambio técnico en todo el mundo, estimulando la movilidad no sólo del capital sino de la fuerza intelectual (Fusfeld, 1994). El nuevo contexto global ofrece oportunidades para la difusión más amplia de innovaciones técnicas de nivel local en las microrregiones, que adquieren cada vez mayor relevancia.

A medida que nos acercamos al presente se observa un reconocimiento creciente de la importancia de los riesgos y del rol de la ciencia en prevenirlos, evitarlos, controlarlos, minimizarlos o producirlos. Las sociedades son cada vez más conscientes de la necesidad de tener un buen sistema para responder a las crisis y los *shocks*. Apenas si se comienza a incursionar en cuestiones tales como qué tipos de instituciones y dispositivos de gobernabilidad son más efectivos para gestionar eventos muy poco probables pero de muy elevadas consecuencias, problemas con un lento proceso de gestación, situaciones de gran incertidumbre y circunstancias que envuelven severos desacuerdos sobre valores (Renn, 2005; Lagadec, 2005; Council for Science and Society, 1976).

## 3. CAMBIOS EN LA ARENA INSTITUCIONAL DE LA CIENCIA: DIVERSIDAD ORGANIZACIONAL

Las demandas de enfoques orientados a problemas estimularon la emergencia de nuevos dispositivos institucionales —como los brazos semiprivados de las universidades públicas, las experiencias cooperativas entre instituciones académicas, y entre éstas y firmas comerciales—, así como la transformación y diversificación misma de la base institucional. En la etapa previa, el Estado había concedido una gran autonomía a los investigadores en el ámbito académico, pero la manera como lo hizo terminó actuando en tanto un desincentivo que dejó a las comunidades académicas incapaces de tener algo que decir respecto a los

propósitos a los que se aplicaba su trabajo intelectual (Lowen, 1997). Más recientemente, surgió la tecnociencia con un alto perfil y una mayor urgencia que nunca antes, y las imágenes y analogías industriales se volvieron moneda corriente para la descripción y la gestión de la actividad científica.

Se reconoce cada vez más el carácter socialmente distribuido del proceso de producción de conocimiento. Las innovaciones y los nuevos desarrollos tecnológicos emergen cada vez más de complejas redes de colaboración en las que participan una miríada de actores institucionales. En este nuevo contexto, los Gobiernos se ven ante la necesidad de enfocar la política de innovación desde una perspectiva más amplia, centrada en la gente y en sus capacidades, y capaz de proveer un marco para la gestión del flujo de conocimiento distribuido (Gibbons *et al.*, 1996). La política para la producción distribuida del conocimiento se acompaña de un nuevo estilo de gestión en el que el Gobierno sirva de agente de intermediación entre los diversos actores que intervienen en el proceso de innovación y promueven una mejor comunicación entre los grupos de investigación, incrementando la permeabilidad entre las instituciones y las distintas formas de organización. Para algunos autores (Leydesdorff y Etzkowitz, 1998, por ejemplo), el *locus* de la investigación se ubica en la triple hélice que emerge de las relaciones que tejen las universidades, las industrias y los Gobiernos.

Con el desarrollo de ciencia y la tecnología contemporáneas, las cosas pueden salir muy mal en todos los niveles y el Estado, que actúa simultáneamente como promotor, regulador y usuario, no puede evitar involucrarse en los problemas resultantes de las políticas públicas. Se acepta convencionalmente que quienes hacen las políticas deben diseñar estrategias para ayudar a los investigadores a encontrar cómo pueden contribuir al desarrollo (Juma *et al.*, 2005). Pero, para cada vez más áreas del conocimiento, los aspectos no técnicos dominan el proceso de toma de decisiones, de tal manera que la naturaleza *científica* (disciplinaria) del tema decididamente pierde importancia relativa. Aunque se invoca la ciencia públicamente en virtud de su reputación general de objetividad e integridad, en el proceso político es inevitable que haya intentos de interpretar y gestionar la ciencia a través del uso de criterios que se aplican más a las elecciones políticas y sociales que a la investigación científica convencional, con el resultado de que se vuelve muy difícil evitar referencias a proyectos sociales, económicos y políticos alternativos y a menudo conflictivos.

También los métodos de toma de decisiones han estado sometidos a cambios de diferentes tipos. Las instituciones tradicionales del Estado y el mercado, como epicentros de la toma de decisiones se han visto

desafiados por el hecho de que una buena porción del conocimiento se desmonopolizó y democratizó, dejando así de ser la provincia exclusiva de las élites de la sociedad. Aunque volveremos a este aspecto más adelante, diremos aquí que con la expansión de la educación superior y la explosión de la información a través del internet aumentó la capacidad del público de estar en posición de hacer preguntas y participar en las elecciones sociales. De hecho, se observa una pugna entre, por un lado, las tendencias crecientes a aumentar el secreto y el control sobre la información y el conocimiento a partir del desarrollo tecnológico y, por el otro, la creciente democratización que esas tecnologías también permiten, y no está claro cuáles serán los resultados a la larga.

Las figuras envueltas en el proceso de elaboración de políticas han cambiado. Las generaciones tempranas de asesores y consultores de políticas transferían su experiencia y halo como científicos (generalmente, físicos o médicos) a la arena política. Crecieron en una era celebratoria de la democracia y el desarrollo en la segunda posguerra mundial (Mullins, 1972). Progresivamente, las credenciales meritocráticas fueron siendo sustituidas por integrantes de otras disciplinas y orígenes socioprofesionales, inclusive especialistas en análisis de políticas, que han puesto en evidencia la parcialización de los científicos a favor de sus propias experiencias subjetivas en las trincheras de sus investigaciones contra datos de tendencias nacionales e internacionales (Chubin, 1996). Al mismo tiempo, el escrutinio profesionalizado de la Investigación y Desarrollo fue aislando la elaboración de políticas en una multitud de organismos públicos y no gubernamentales que pasaron a funcionar como una suerte de «élite tecnoburocrática del conocimiento». En algunas circunstancias, viejos y nuevos segmentos de la clientela científico-técnica han empezado a impacientarse, los popularizadores de la ciencia a descorazonarse y amplios sectores del público se lamentan de la falta de comprensión pública de la ciencia.

Una mayor diversidad en la manera como las unidades de investigación combinan la investigación, el adiestramiento y los productos orientados a cuestiones públicas o vinculadas con la industria, conduce a una variedad de «perfiles de actividad». Se observa una mayor iniciativa y autonomía de los grupos de investigación, laboratorios y otros colectivos de investigación, con respecto a sus administraciones institucionales. Se está haciendo saber a las instituciones existentes que deben convertirse en una *capa intermedia* cuyo rol es estimular la conformación de estructuras de investigación operativas, ya sea que se llamen laboratorios o unidades de investigación (como en Francia), institutos (como en Alemania) o centros (como se está volviendo usual en los Estados Unidos). En los últimos años hemos visto la profunda refor-

ma sufrida por el sistema científico francés (Laredo y Mustar, 2004; Postel-Vinay, 2002), el sistema español (Presidencia del Gobierno de España, 2004; Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, 2003) y la investigación europea en general (Van der Meulen y Rip, 1996; Commission of the European Communities, 2004). En América Latina, Brasil ha mostrado una manera posible de avanzar a países con comunidades comunidades científicas relativamente más pequeñas articulando capacidades especializadas a través de iniciativas como su Red ONSA (Organization for Nucleotide Sequencing and Analysis) en el estado de Sao Paulo para la secuenciación de la *Xilella fastidiosa* (Simpson *et al.*, 2000; Negraes y Egler, 2002) y los Fondos Sectoriales que estimularon la inversión orientada en áreas estratégicas, y Chile con su programa FONDEF (www.fondef.cl), apunta a que los proyectos que financia tengan resultados con impactos significativos en el país a través del apoyo a diez áreas que incluyen desde la industria agrícola hasta la pesca y la minería.

El sistema tecnocientífico internacional que existe hoy es básicamente una combinación de comunicaciones corporativas internas, acuerdos técnicos, relaciones funcionales e intercambios informales. Es un sistema que proporciona acceso a los avances técnicos internacionales en campos particulares, áreas de desarrollo o mercados. Además, opera a través de la diseminación de sistemas de producción integrados que fragmentan los procesos y funciones y los ubican en diferentes países, lo que Laredo y Mustar (2004) llaman «especialización territorial». Las inversiones extranjeras directas y la ayuda internacional para la ciencia se predican hoy en base a estrategias industriales orientadas al crecimiento económico, dentro de las cuales el apoyo internacional a la ciencia y la tecnología estaría dirigido en gran parte por la demanda. Forman parte de la diplomacia y, cuando las negociaciones son conducidas entre socios muy desiguales, la posibilidad de conseguir un tratamiento justo es reducida. Actualmente se presta atención renovada al papel de la política científica y tecnológica, con instrumentos para buscar diferenciar, por países y regiones, las mejores maneras de crear, adquirir, asimilar, usar y difundir el conocimiento (Oldham, 2005). En lugar del esquema convencional de recomendar el desarrollo aislado de capacidades científicas locales en los países en desarrollo, un enfoque a la ayuda científica concentrado en la «innovación» supone que el financiamiento de la ciencia y la tecnología no debiera ser genérico sino focalizado en una cantidad relativamente pequeña de áreas de problemas específicos que requieran solución urgente y no puedan esperar hasta construir la capacidad de investigación genérica en el mundo en desarrollo.

Esto no implica sacar el conocimiento científico de la escena. Por el contrario, éste domina la escena. La tecnociencia como sistema de conocimiento se apoya en ciertos modos de aprendizaje, en la adaptación a nuevas tecnologías, sistemas educativos, políticas industriales y políticas de ciencia, tecnología e innovación, la naturaleza y composición del sector privado y las capacidades inherentes en la esfera pública. Ciertamente representa una oportunidad y desafío para la gestión creativa y dinámica del conocimiento dondequiera que exista una base de capacidades industriales, dado que la competición es tan intensa y los recursos requeridos tan complejos y costosos. No obstante, se necesitan políticas selectivas y funcionales, comenzando por análisis diagnósticos particulares de las condiciones locales, generalmente difíciles o imposibles de hacer por parte de países pobres o periféricos respecto a las corrientes principales del cambio científico y tecnológico.

Por ejemplo, las nuevas asociaciones que emergen entre la ciencia y las industrias son una manera eficiente de cosechar conocimientos, pero son inútiles para mantener la generación de futuros conocimientos. Debe tenerse en cuenta, en países pequeños, que estas relaciones no necesariamente nutren la base social de la comunidad científica más allá de la comunidad científica existente. De esta forma, a pesar de la creciente diversificación de los sitios de producción del conocimiento y de la disolución de fronteras institucionales, las universidades parecen permanecer en el corazón del sistema, aunque estén adquiriendo nuevos rasgos.

## 4. EL LUGAR DE LAS REDES EN LA DINÁMICA CONTEMPORÁNEA DEL CONOCIMIENTO

Desde que empezó el nuevo siglo, el concepto y la realidad de redes en constante expansión y reconfiguración han capturado la imaginación colectiva en una amplia gama de escenarios. Se han creado incontables redes de innovación e investigación, y los flujos libres entre la investigación y la producción ahora vinculan a las instituciones del sector público y privado en un *continuum* que es mucho más complejo que en el pasado. El equilibrio nuevo y dinámico de poder entre las instituciones formales y las redes informales de conocimiento (consecuencia en gran medida de la revolución de las TIC) incide hoy en el surgimiento de nuevas formas institucionales y en la difusión de novedosas políticas de investigación y procedimientos de gestión de la investigación. Se pueden observar alianzas internacionales de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales con empresas del sector público, y asociaciones para la promoción de reformas de po-

líticas en el nivel nacional sobre temas variados, incluyendo aquellos relacionados con el desarrollo sustentable, tal el caso, por ejemplo, de las corporaciones asociadas en el Consejo Internacional de Negocios para la Sustentabilidad (IBCS). El nuevo contexto global ofrece nuevas oportunidades para la difusión más amplia de innovaciones técnicas de nivel local en las microrregiones, que adquieren cada vez mayor relevancia.

Todo esto parece sugerir la existencia de un mecanismo de organización social para producir y distribuir el conocimiento que es más flexible y capaz de enfrentar las muchas y cambiantes necesidades del presente. No obstante, sus implicaciones están lejos de ser comprendidas. Ningún grupo por sí solo (sea Gobierno, corporación, ONG, asociación disciplinaria, etc.) controla los resultados de las redes, aunque no debiera olvidarse que las redes surgen para alcanzar objetivos bastante específicos. En más de un sentido del término, son fuerzas que presuponen la existencia de un reservorio de conocimiento preexistente y una dinámica institucional diferenciada, elementos que entran en la puesta en marcha de redes típicamente transitorias.

Precisamente, la facilidad con que las redes aparecen y desaparecen plantea el riesgo de que el conocimiento basado en redes, pudiera llevar en última instancia a una restricción en la distribución general del conocimiento producido. Eventualmente, las redes en las cuales se produce cada vez más el conocimiento pudieran verse restringidas por los derechos propietarios de las corporaciones y otros cuerpos que exijan confidencialidad. Al mismo tiempo, una vez que las redes desaparecen, no queda una memoria institucional, lo que pudiera afectar el flujo general de información. Este problema se agrava por la creciente virtualización de la información, ya que a menudo la información que previamente estaba libremente disponible en internet es capturada por sistemas privados dejando de ser visible y accesible.

Las redes científicas de hoy son posibles por la existencia de sistemas que fijan estándares en la ciencia, y que han jugado un rol cultural de liderazgo desde el siglo XIX, produciendo un «profesional internacional», como un único modelo de calificaciones mutuamente reconocidas a través de fronteras nacionales y culturales. Cuando los científicos «viajan» física o virtualmente, el supuesto básico es que se mueven en un «universo epistemológicamente compartido» y se espera que el profesional «internacionalmente cualificado» pueda desenvolverse satisfactoriamente en condiciones «internacionalmente estandarizadas». Gracias a la existencia de estándares comunes y del mutuo reconocimiento de calificaciones por medio de la localización de la educación superior y del posgrado en los países más diversos, incluso aquellos sin

una tradición científica pueden plantearse como uno de sus objetivos principales superar las barreras nacionales y étnico-culturales. Se ha escrito mucho sobre la necesidad de desarrollar infraestructura científica y capacidades de investigación en los países en desarrollo. En efecto, la línea de base continúa siendo la de las capacidades locales.

Sin embargo, el mundo no está perfectamente organizado ni es homogéneo. Las características de los mercados, la desigual distribución de la riqueza, los criterios político-económicos para determinar el conocimiento y la ideología predominante se combinan para perpetuar un estado de cosas establecido hace mucho tiempo, según el cual, el desarrollo mismo de la ciencia como institución social internacional supone la existencia de un modelo que estructura los intercambios científicos entre centro y periferia, metrópolis y provincia, el corazón del imperio y sus puestos coloniales, centros económicos y fronteras subdesarrolladas, todo lo cual puede expresarse en una variedad de formas (Dickson, 2006).

Las nuevas maneras y medios de hacer investigación y de enseñar a los individuos cómo hacerlo enfatizan la exploración y optimización de las arterias sociotécnicas y redes a través de las cuales circulan los productos, servicios, conocimientos e información. Los objetos y las prácticas se adaptan y son reconfigurados a medida que viajan. Mientras que los rasgos estructurales de una red son bastante fáciles de distinguir, a menudo es difícil determinar no sólo las relaciones sociales y culturales, sino también las relaciones políticas que se generan a través de ella. En este sentido, es por lo menos tan importante, si no más, tratar de descubrir cómo viaja la tecnociencia que determinar si pertenece a una cultura dada. En el proceso, las distinciones entre lo global y lo local muy probablemente se modifiquen y diluyan.

Se requieren respuestas más texturizadas para muchas de las cuestiones planteadas por las redes de conocimiento. Desde tiempos coloniales, la ciencia ha estado asociada a los varios proyectos de modernización. Pero, incluso en el presente, la mayoría de la humanidad sigue viviendo en los márgenes de la ciencia y tecnología y de sus redes relacionadas (Kuramoto y Sagasti, 2002). ¿Por qué? Porque la ciencia y la tecnología y, más aún la tecnociencia, viajan a lo largo de sendas y canales que manifiestamente no son los mecanismos más adecuados para producir un mundo con menos desigualdad y para satisfacer las necesidades sociales en situaciones muy diferentes. En efecto, paradójicamente, la ciencia a menudo ha llevado en los países en desarrollo a la consolidación de sectores sociales que retrasaron o impidieron una participación social más amplia, obstaculizando así la modernidad democrática.

## 5. POSTURAS LATINOAMERICANAS EN TORNO A LA ORIENTACIÓN DE LAS POLÍTICAS CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

La experiencia de la ciencia latinoamericana en el desarrollo ha sido de baja visibilidad, de dificultad para consolidarse, poca participación en los debates nacionales y considerable marginalidad. Aunque los varios sistemas nacionales de innovación tienen distintos orígenes, formas y niveles de consolidación, en general crecieron en un contexto macroeconómico y político inestable. Tanto en la fase agroexportadora como en la de sustitución de importaciones, las necesidades tecnológicas de los sistemas productivos en América Latina fueran satisfechas esencialmente: *a*) por las importaciones de tecnología; *b*) el conocimiento tácito aportado a las iniciativas industriales por inmigrantes cualificados; *c*) inversiones extranjeras directas; y *d*) los esfuerzos locales de absorción y adaptación realizados por firmas privadas y algunas empresas públicas. Excepto en la agricultura, esos esfuerzos raramente estuvieron vinculados a las instituciones públicas de I+D que crecieron durante los últimos cincuenta años.

Contra el telón de fondo de la industrialización latinoamericana en la segunda mitad del siglo XX, la transformación específica de las políticas de ciencia y tecnología a medida que nos acercamos al presente requiere una explicación. Ésta ha tenido menos que ver con las visiones programáticas de los años de 1960 que preveían una creciente autonomía intelectual de la región basada en instituciones productoras de conocimiento y la formación de cuadros para el desarrollo científico y tecnológico, que con su subordinación y adaptación ante los nuevos escenarios económicos y políticos que se fueron presentando. El contexto general lo proporcionan los dos modelos de producción que parecen haber dominado el paisaje económico regional: uno basado en la exportación de recursos naturales, y el otro, en *la maquila*. El agotamiento primero del modelo de sustitución de importaciones y más recientemente la crisis del Consenso de Washington empujaron a la región hacia una integración en la estructura global desde una posición débil (Casas, 2001). En varios países, campos intensivos en conocimiento han perdido relevancia con el desmantelamiento de los procesos productivos, concentrándose en apenas algunos sistemas especializados tipo nicho (sistemas regionales o sectoriales de innovación), con implicaciones obvias para las políticas científicas y tecnológicas (Figueiredo, Vedovello y Martelotte, 2007; Estrada y Heijs, 2006).

En el nuevo siglo, América Latina experimenta cambios que, si bien hoy parecen previsibles, eran impensados hace sólo unos pocos años. La necesidad de la inclusión social ha irrumpido con fuerza arrolladora

y comienzan a instrumentarse programas más o menos innovadores. En el clima político actual no pareciera ya tan simple la noción antes aceptada como obvia que los países pobres lograrán el desarrollo copiando un escenario institucional según el modelo occidental (Vessuri, 1995), o con una mera participación formal en el nuevo sistema globalizado de producción y consumo. Hay pocas probabilidades de que los complejos sistemas de producción globales se difundan equitativamente por África, partes de América Latina, el Oriente Medio o el Norte de África. ¿Qué enfoques y orientaciones caracterizan a las políticas en materia de ciencia y tecnología de la región para intentar dar respuesta a los cambios y retos actuales?

Por lo menos se han identificado cuatro tendencias (Albornoz, 2001), agrupables a su vez en dos grandes bloques: en el primero, el debate se centra en la necesidad de fortalecer la oferta o la demanda de conocimientos. Por el lado de la oferta, se encuentra la tendencia propia de la cultura científica que se orienta a consolidar la investigación básica, cuyos criterios de calidad pauta la propia comunidad científica (como en el caso de México). La tendencia que apoya la demanda de conocimientos promueve la articulación y consolidación de los sistemas nacionales de innovación, cuyo desempeño se mide con criterios económicos y de competitividad (parcialmente Chile).

En el segundo bloque de tendencias, de acuerdo a la capacidad de los países para la producción científica local, una tendencia pone en duda la posibilidad de que los países puedan desarrollar una capacidad científico-técnica propia y promueve la inserción plena en la sociedad de la información, mediante el aprovechamiento de los desarrollos de las TIC y el acceso universal a los conocimientos (ilustrado por Costa Rica). La tendencia opuesta se orienta al fortalecimiento de las capacidades nacionales de ciencia y tecnología, sin por ello abandonar los esfuerzos dirigidos a fortalecer la I+D y el proceso social de conocimiento en su conjunto (Brasil tiene avances significativos en esta tendencia, en la que pretenden incursionar varias naciones con desigual éxito).

Más recientemente, algunos países, como Venezuela, Brasil y Argentina, han incorporado dentro de sus planes de CyT alternativas para combatir la pobreza, contra la exclusión y las desigualdades sociales, reconociendo la importancia de la dimensión normativa que el Estado debiera asumir con políticas públicas orientadas a la solución de problemas concretos de carácter social, regional y nacional. Se retoman así algunas de las ideas del pensamiento latinoamericano en los años de 1970 (Herrera, 1971; Sabato y Botana, 1970), en concepciones que ilustran en la práctica lo que algunos autores han llamado *la política*

*CTI top-down normativa,* orientada a buscar soluciones a problemas específicos de las sociedades de nuestros países (Lemarchand, 2005). El PCTIP (Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva) de Argentina, por ejemplo, contempla dos tipos de políticas claramente diferenciadas (Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, 2004): la primera está dirigida a la consolidación y ampliación de la base científica y tecnológica nacional, a través de una serie de programas de carácter horizontal y temático. El segundo tipo de políticas tiene por objeto la aplicación de los conocimientos científico-técnicos para atender las demandas sociales y productivas aumentando la pertinencia social de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Estas políticas conceden una gran importancia a los programas considerados estratégicos, los cuales son financiados a través de «fondos orientados», que por su relevancia representan la mayor porción del presupuesto de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT). Dentro de los programas estratégicos se destinan recursos adicionales a la atención de los programas de contingencia, que incluyen la prevención de catástrofes naturales y la solución de emergencias sociales, particularmente, en las áreas de salud, nutrición y vivienda. Estas últimas son atendidas por el programa Calidad de Vida y Desarrollo Social, el cual se dirige aplicar la ciencia, tecnología e innovación para la solución de los problemas derivados de la crisis económica de los últimos años, procurando satisfacer las demandas básicas de la población asociadas a la recuperación del trabajo, recomposición de las redes sociales, identidad, vivienda y salud, entre otras. Se parte del supuesto de que gran parte de la solución de los problemas planteados por la emergencia social puede resolverse mediante la generación de tecnologías sociales, la aplicación de conocimientos existentes y la realización de estudios especiales en el plano social atendiendo a tres áreas prioritarias para el Gobierno: Educación y Generación de Conocimiento, Investigaciones sobre el Estado y Economía (Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2003).

La política sectorial del Ministerio de Ciencia y Tecnología de Brasil se orienta a contribuir al logro de los grandes objetivos gubernamentales: reducir las desigualdades sociales, lograr un crecimiento sostenido del empleo y de los ingresos que sea ambientalmente sostenible, que minimice las desigualdades regionales, y que permita promover y expandir la ciudadanía y el fortalecimiento de la democracia (Rollemberg, 2004; Ministério da Ciência e Tecnologia, 2003). La estrategia de desarrollo propuesta se orienta a la creación de empleo, la desconcentración de los ingresos y la inclusión social, mediante el impulso al crecimiento económico ambientalmente sostenible que contribuya a re-

ducir las disparidades regionales y dinamizar el mercado de consumo de masas mediante la promoción de actividades que permitan superar la vulnerabilidad externa. Dicha estrategia le plantea a la política científica y tecnológica brasileña el reto de ampliar, desconcentrar y fortalecer las bases científico-técnicas de sustentación del desarrollo de las regiones, democratizando su acceso. Dentro de este enfoque de desarrollo, la ciencia y la tecnología deben atender las necesidades de la población y contribuir a mejorar su calidad de vida, sin menoscabo de la formación científica y la promoción del salto tecnológico. Se implantó el programa «Ciencia y Tecnología para la Inclusión Social», el cual es llevado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología para la Inclusión Social (SECIS), creada a mediados del año 2003. Dentro de los instrumentos de política desarrollados nos interesa destacar tres: los sistemas productivos locales, las tecnologías sociales y la seguridad alimentaria y nutricional. Las directrices principales de estos instrumentos son: la valorización de los conocimientos locales y el desarrollo de las capacidades endógenas siguiendo un enfoque participativo y multidisciplinario.

El Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación promulgado recientemente en Venezuela también se orienta a una mayor soberanía, inclusión social y una democracia participativa profunda (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2005). Parte de reconocer el enfoque de desarrollo endógeno como el más pertinente para abordar el tema del desarrollo en el contexto del enfoque global de la economía y, en tal sentido, plantea que todos los esfuerzos de la ciencia, tecnología e innovación deben inscribirse en esta perspectiva, propiciando la apropiación social del conocimiento como mecanismo para facilitar la potenciación de las capacidades locales y contribuir a la construcción del nuevo modelo económico propuesto. El plan busca transformar la cultura científica y tecnológica a través de la consecución de tres objetivos estratégicos: generar mayores capacidades nacionales en CTI, alcanzar mayor soberanía científico-técnica que propicie la construcción de un modelo de desarrollo endógeno ambientalmente sustentable; y desarrollar una ciencia y tecnología para la inclusión social. El nuevo modelo que se propone implica que la ciencia, tecnología e innovación contribuyan con la política estatal dirigida al desarrollo endógeno y la diversificación de la economía, mediante la integración de distintas formas de conocimiento y de las capacidades económicas, sociales y culturales existentes en las distintas regiones, apoyándose en los «núcleos de desarrollo endógeno» (Navarro-Jiménez, 2005) y en las «misiones» que adelanta el Gobierno para la inclusión social en distintas esferas (salud, sector productivo, educación, etc.) (Aponte, 2005).

Estas experiencias nacionales introducen elementos de novedad en el discurso y la práctica de la política científica y tecnológica, como parte de los intentos de los Gobiernos de revertir el proceso vivido en las últimas décadas que fue excluyendo paulatinamente a las capas bajas y luego siguió reduciendo el espacio social de las capas medias urbanas de profesionales y tecnoburócratas e inclusive de los propios grupos de los sectores empresariales vinculados al mercado interno. Al final de los años de 1980 el control económico de los países de la región, con la excepción parcial de Brasil, había sido cedido a los sectores dominantes de la economía globalizada, resultando en la reprivatización social del Estado. El intento de reconstrucción del Estado que evidencian estas y otras políticas en algunos países de la región se da en condiciones mucho más complejas, pues el propio mundo del trabajo es ahora más heterogéneo, disperso, fragmentado y cambiante, a consecuencia de la desindustrialización de países como Argentina y Venezuela. La creciente mayoría de la población se caracteriza por la actividad «informal» y por la multiinserción en el mundo del empleo, esto es, insertado de manera precaria y muy diversa en diferentes actividades (Quijano, 2004).

De ahí el esfuerzo por reconstruir una estructura productiva capaz de proveer las demandas del mercado interno y externo, y de defender su independencia sin perjuicio de su inserción y asociación internacional, la expansión y control del mercado interno apelando a viejas y nuevas fórmulas de innovación organizacional y social y el control de los recursos de producción decisivos, que en la actualidad implican, ante todo, el capital financiero. Pareciera que en los próximos años veremos mucha más actividad y tensiones en el proceso de definición y asignación del presupuesto para la ciencia en los Parlamentos latinoamericanos que lo que fue usual en el pasado, y éste deberá competir con otras demandas como las de vivienda, alimentos y obras públicas.

## 6. DEMOCRACIA Y DIRECCIÓN ESTRATÉGICA DE LA CIENCIA

El rol *de facto* de la ciencia en la sociedad contemporánea como un agente de significado clave en las cuestiones públicas adquiere relevancia especial en la cultura de la política científica. Analíticamente, «política» y «ciencia» difieren con respecto a fines, métodos, cogniciones y normas institucionales. La importancia de la formulación y realización de las decisiones normativas de política contrasta con la primacía del conocimiento como el objetivo de la ciencia. Convencio-

nalmente, el «conocimiento» representa aquel de carácter científico, ya sea producto de la investigación y el desarrollo, o más generalmente de naturaleza técnica. No obstante, se vuelve claro para áreas cada vez mayores de preocupación social que el conocimiento especializado no es el único posible, mientras que al mismo tiempo se reconoce cada vez más que hay una riqueza de conocimiento relevante producido por profanos y, notablemente, por grupos directa o indirectamente afectados por los desbordamientos de la ciencia y la tecnología. Se reconoce que se han usado soluciones de la moderna tecnociencia en situaciones en las que el conocimiento autóctono o local hubiera proporcionado una mejor respuesta, pero, por una u otra razón, esta posibilidad no fue ni siquiera considerada como una opción (Gallopín y Vessuri, 2006). El estudio de los intentos de reducción de la pobreza revela que las intervenciones para producir desarrollo han fracasado con frecuencia. Peor aún, a veces pueden haber tenido un efecto perjudicial en la calidad de vida de la gente.

Por su propia complejidad, los factores relevantes que confirman o refutan las proposiciones científicas son usualmente inaccesibles al público. La brecha creciente entre el conocimiento científico y el sentido común, entre los conceptos profesionales y de la vida cotidiana de la evidencia y la prueba, han tenido el efecto de devaluar la ciencia como recurso cultural para promover, dentro de un contexto social más amplio, el respeto por la superioridad de sus afirmaciones acerca del mundo (Ezrahi, 1990). La asimetría entre el conocimiento producido por ciudadanos comunes y el elaborado por profesionales científicos es tan grande que se requiere una nueva comprensión para desarrollar un diálogo fructífero y la cooperación entre ellos. El reconocimiento de la importancia de la diversidad cultural y política en conexión con este tema implica la necesidad de problematizar las esferas de responsabilidad y autoridad del «científico» y «el público» (y lo «cultural» y lo «político»); también significa analizar cómo actores sociales significativos pueden haber sido excluidos de negociar cuestiones importantes para su propia existencia.

El tema de la política con respecto a la ciencia y la democracia se relaciona con viejos dilemas tales como qué peso dar a las visiones de las élites ilustradas que, pudiera decirse, inevitablemente deciden en nombre del colectivo de acuerdo con sus propios valores e intereses; o la creencia de la vieja izquierda de que la ciencia, a través de la «planificación», se integraría sin problemas con las mayorías carentes en la búsqueda del bien social. Hoy se comienza a cuestionar cómo deben definirse los problemas centrales, incluyendo los científicos, de una sociedad democrática. ¿Hasta dónde la forma como se deciden

las cuestiones «medulares» es la que definen grupos poderosos en la medida que se las imponen al público? ¿Cómo es que la ciencia se involucra en esto? ¿A través del experto científico? ¿El cientificismo relacionado con el carácter «experto» es inevitable? ¿Puede ser contrarrestado por otras definiciones (no científicas) de cuáles pueden tomarse como las cuestiones centrales? ¿La preferencia de los ciudadanos debiera ser tutoriada en temas científicos? ¿Si ése fuera el caso, tutoriada por quiénes? ¿Por expertos científicos, como ha ocurrido hasta el presente? ¿O no debiera haber mediación y los ciudadanos debieran decidir por sí mismos acerca de asuntos científicos? ¿Democracia directa? ¿Expertos? ¿Ciudadanos representativos? ¿Quiénes? ¿Cuáles? ¿Ciudadanos más allá de toda sospecha, comprometidos con los fines colectivos públicos supremos? (Callon *et al.*, 2001).

¿Pudiera ser el caso que un rol adecuado para la ciencia en la sociedad sea verdaderamente incompatible con su «control democrático»? La naturaleza y la función de los expertos y del juicio experto están siendo revisados (Jasanoff, 2003 y 2004; Liberatore y Funtowicz, 2003). A través de la historia, las relaciones entre la democracia y la ciencia han estado a menudo envueltas en tensiones. Los argumentos sobre si la democracia mina o fortalece la sabiduría son discutibles. No obstante, parece crecer el sentimiento de que la ciencia como actividad debe ser socialmente controlada porque es una fuente tanto de cosas buenas como malas, con impactos variables sobre diferentes grupos de personas. En las condiciones actuales se plantea la necesidad de controlar y reducir los riesgos de una opresión antes descuidada, como lo es el control cultural abrumador que han tenido los expertos. De ahí la importancia de explorar qué perspectivas debieran adoptarse en el debate experto, adhiriendo a las normas de la transparencia y la adecuación deliberativa (López Cerezo *et al.*, 1998). Los ejemplos crecen día a día, desde los *consensus conferences* (Andersen y Jaeger, 1999) a los *focus groups* (Kastgenholz y Behringer, 1999), pasando por los «espacios de interpelación democrática» (Kone, 2001). La pluralidad de teorías y la provisionalidad intelectual que han llegado a ser aceptadas como rasgos legítimos de la ciencia contemporánea imponen serias restricciones intelectuales internas a la fuerza retórica con la que los científicos pueden presentar, dentro del contexto del debate político o social, un concepto uniforme de la realidad superior a todos los otros conceptos competitivos (Ezrahi, 1990).

La legitimación política de la ciencia derivada de la participación democrática es una tendencia política secular de largo plazo. Obviamente, este desiderátum no elimina el asesoramiento científico, que está en el corazón de los problemas de la vida política contemporánea. Los

sistemas productivos se han vuelto tan complejos, amplios y problemáticos, que el Estado está íntimamente envuelto en su gestión, creando nuevos problemas de gobernabilidad. La desconfianza frecuentemente observada del público frente a la «ciencia» suele focalizarse en la práctica ambigua del asesoramiento científico. No hay adiestramiento especial para esta actividad. Generalmente, los científicos carecen de experiencia en cualquiera de los aspectos del trabajo que hacen del asesoramiento científico algo tan diferente de la investigación convencional. De ahí que la necesidad de entender acerca del asesoramiento científico se extiende no sólo al público general sino también al cuerpo de científicos que se necesitan para la función asesora (Ravetz, 2001).

El asesoramiento científico y la elaboración de políticas en el viejo estilo, con acceso restringido a la experticia, dejan cada vez más el espacio a otros estilos. El desafío hoy no es alcanzar un consenso tibio. Los acuerdos se obtienen a menudo en detrimento del opositor o de quienes no se han expresado adecuadamente o han sido obligados a callarse por diversas circunstancias. Los consensos a menudo marcan relaciones de exclusión y dominación. Además, un acuerdo que se logró en un momento dado no necesariamente sigue siendo válido cuando cambian las circunstancias. Sin embargo, debe quedar claro que lo que está en el tapete no es reemplazar el conocimiento científico con opiniones infundadas de una población más o menos ignorante, sino la gran corriente de puntos de vista, problemas e intereses que pueden ser debatidos en torno a un único tópico por una multiplicidad de instituciones, comisiones, foros, grupos e individuos, reflejando opiniones que a menudo son divergentes, incluso contradictorias. La profunda incertidumbre que ha llegado a dominar la política científica y tecnológica en muchas áreas es un signo de una falta creciente de confianza pública en cierta *opinión experta* de los científicos en algunos segmentos de las sociedades contemporáneas, como se observa en las divergencias de opinión reveladoras de una dependencia excesiva de financiamientos administrativos o institucionales, en los debates recientes acerca de los organismos genéticamente modificados (OGM), las «vacas locas», la gripe aviaria, o la determinación de niveles tolerables de contaminación industrial en situaciones específicas.

Esto sucede en una etapa cuando el componente del conocimiento resulta crucial en la sociedad y la economía, al punto que han surgido dos conceptos, el de la economía del conocimiento y el de la sociedad del conocimiento, con los que se reflejan diferentes intereses en el modo como el conocimiento da forma a las sociedades. En una propuesta reciente (Sörlin y Vessuri, 2007), los dos conceptos implican visiones e ideales diferentes del papel del conocimiento, reflejo

del tipo de elección que enfrentan no sólo los diseñadores de políticas sino también los líderes académicos, en su esfuerzo de esculpir el rol de las instituciones del conocimiento en el futuro. Las economías basadas en el conocimiento crecen en todo el mundo, pero lo hacen sin reconocer siempre las dimensiones democráticas, éticas y normativas de la ciencia y las instituciones científicas. La economía del conocimiento es impulsada por el mercado y se desempeña de acuerdo con una ideología de mercado, que está en una posición problemática, aunque no necesariamente conflictiva con las normas e ideales de la sociedad del conocimiento.

Para el futuro del conocimiento, los objetivos, valores y propósitos que guíen su producción serán decisivos. Las economías del conocimiento en las que vivimos sufren de un déficit democrático. Parece claro que ese déficit debe ser atendido para que la vida y cultura democráticas puedan sobrevivir en una era de feroz competición global, y para que sean capaces de difundirse y funcionar en las distintas regiones del mundo. Hasta ahora, el Estado se ha revelado indispensable para planificar y financiar la actividad científica en la mayoría de los países. Sin embargo, con el aumento de las tasas de crecimiento, una porción significativa de instituciones del sector privado intervienen con fuerza en su producción y uso. Ahora que la educación, incluyendo la educación superior y la formación avanzada, pasa a ser parte de la Organización General de Comercio y Servicios de la Organización Mundial del Comercio, los Estados tienen que adaptarse a la privatización y a las nuevas reglas de juego del comercio mundial. Esto es claramente percibido por algunos como una ventaja, al menos cuando los Gobiernos carecen de fondos para construir la infraestructura necesaria. Pero son cada vez más las voces preocupadas por la pérdida de control de los Gobiernos y por el hecho de que la guía democrática de la ciencia para atender objetivos nacionales se volverá crecientemente difícil. Lo que está envuelto es, de hecho, un rol declinante de la ciencia y los científicos en la racionalización y legitimación de las políticas públicas. Se sigue proclamando la ciencia como uno de los pilares de la arena democrática pública, como un baluarte de la racionalidad, la verdad y el conocimiento objetivo. Pero, en el camino, ésta no sólo ha sido profundamente transformada, sino que la arena pública está siendo drásticamente redefinida.

## BIBLIOGRAFÍA

Albornoz, M. (2001), «Política científica y tecnológica. Una visión desde América Latina»*: Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, 1.

Andersen, I. y Jaeger, B. (1999), «Scenario workshops and consensus conferences: towards more democratic decision-making»: *Science and Public Policy*, 26/5, 331-340.

Aponte, C. (2005), *Evaluación de Impacto y Misiones sociales: una aproximación general,* Informe Final de proyecto presentado al Instituto Nacional de Estadística (INE), Caracas.

Callon, M., Lascoumes, P. y Barthe, Y. (2001), *Agir dans un monde incertain. Essai sou la démocratie technique,* Seuil, Paris.

Casas, R. (coord) (2001), *La formación de redes de conocimiento. Una perspectiva regional desde México*, Anthropos/IIS-UNAM, México.

Chubin, D. E. (1996), «Reculturing science: politics, policy, and promises to keep»: *Science and Public Policy,* 23/1, 2-12.

Clark, B. (1995), *Places of Inquiry: Research and Advanced Education in* Mo*dern Universities*, University of California Press, Berkeley/Los Angeles.

Clark, N. (1987), «Similarities and differences between scientific and technological paradigms»: *Futures,* 19/1, 26-42.

Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (2003), *Plan Nacional de investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (2004-2007),* vols. I y II, Ministerio de Ciencia y Tecnología, España.

Commission of the European Communities (2004), *Science and Technology, the key to Europe's future – Guidelines for Future European Policy to Support Research*, Bruxelles, 16-6-2004 COM (2004), 353 final.

Council for Science and Society (1976), *Superstar Technologies. The problem of moniotoring technologies in those instances where technical competence is monopolised by a small number of institutions committed to the same interest*, Barry Rose/The Council for Science and Society, London.

De Chadarevian, S. (2002), *Designs for Life: Molecular Biology after World War II*, Cambridge University Press, New York.

Dickson, D. (2006), *Will 2006 rise to the challenges laid down by 2005?*, Scidev.net, 3 de enero, www.scidev.net.

Elzinga, A. y Jamison, A. (2001), «Changing Policy Agendas in Science and Technology», en S. Jasanoff *et al.* (eds.), *Handbook of Science and Technology Studies*, Sage, Thousand Oaks, CA.

Estrada, S. y Heijs, J. (2006), «Technological Behaviour and Export Probability in Developing Countries: the Case of Mexico»: *Science, Technology, and Society* (Sage, New Delhi), 11/2, 271-317.

Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L. (1998), Preface, *The triple helix of university-industry-government relations: the future location of research*, Science Policy Institute, New York, xv-xvii.

Ezrahi, Y. (1990), *The Descent of Icarus. Science and the Transformation of Contemporary Democracy*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.

Figueiredo, P. N., Vedovello, C. y Martelotte, M. C. (2007), «Firms and Innovation System Supporting Organisations: A Brief Empirical Scrutiny of their Knowledge-centred Links in a Developing Area in Brazil»: *Science, Technology, and Society* (Sage, New Delhi), 12/1: 73-112.

Fusfeld, H. (1994), *Industry's Future. Changing Patterns of Industrial Research*, American Chemical Society, Washington D.C.

Gallopín, G. y Vessuri, H. (2006), «Science for sustainable development: articulating knowledges», en A. Guimaraes Pereira *et al.* (eds.), *Interfaces between Science and Society*, Greenleaf, Sheffield.

Gibbons, M. *et al.* (1996), *The new production of knowledge. The dynamics of science and research in contemporary societies*, Sage, London.

Heidenheimer, A., Heclo, H., y Teich Adams, C. (1990), *Comparative Public Policy. The Politics of Social Choice in America, Europe, and Japan*, St. Martin's Press, New York.

Herrera, Á. Ó. (1971), *Ciencia y política en América Latina*, Siglo XXI, México D. F.

Juma, C. y Lee, Y. C. (coords.) (2005), «Innovation. Applying Knowledge in Development»: A report of the UN Millenium Project Task Force on Science, Technology, and Innovation, Earthscan, London/Sterling, VA.

Kastgenholz, H. y Behringer, J. (1999), «Integrated assessment focus groups: bridging the gap between science and policy»: *Science and Public Policy*, 26/5, 341-349.

Kone, S. (2001), «L'Espace d'Interpellation Démocratique au Mali – EID (Le gouvernement à l'écoute du peuple)», ficha de base de datos de ALLIANCES CITOYENNES, disponible en http://base.d-p-h.info/es/fiches/premierdph/fiche-premierdph-5380.html.

Kuramoto, J. y Sagasti, F. (2002), «Integrating Local and Global Knowledge, Technology and Production Systems : Challenges for Technical Cooperation»: *Science, Technology & Society*, 7/2, 215-247.

Lagadec, P. (2005), *Crisis Management in the 21st Century. «Unthinkable Events» in «Inconveivable Contexts»*: Cahier 2005-003, Departamento de Econometría, École Polytechnique-CNRS, Paris.

Larédo, P. y Mustar, P. (2004), «Public sector research. A growing role in innovation systems»: *Minerva,* 42, 11-27.

Lemarchand, G. A. (2005), «Políticas de cooperación en ciencia, tecnología e innovación en América Latina», en *Memorias del Primer Foro Latinoamericano de Presidentes de Comités Parlamentarios de Ciencia y Tecnología*, Honorable Cámara de Diputados de la Nación, UNESCO, SECYT, Buenos Aires.

Leslie, S. (1993), *The Cold War and American Science: The Military-Industrial-Academic Complex at MIT and Stanford*, Columbia University Press, New York.

Leydesdorff, L. y Etzkowitz, H. (1998), *The future location of reseach: A triple helix of university-industry-government relations II*, *The triple helix of university-industry-government relations: the future location of research,* Science Policy Institute, New York, 196-201.

Liberatore, A. y Funtowicz, S. (2003), «'Deconstructing' expertise, 'expertising' democracy: what does this mean, and why bother?»: *Science and Public Policy*, 30/3, 146-150

López Cerezo, J., Méndez Sanz, J. y Todt, O. (1998), «Participación pública en política tecnológica. Problemas y perspectivas»: *Arbor*, CLIX/627, 279-308.

Lowen, R. S. (1997), *Creating the Cold War University: The Transformation of Stanford,* University of California Press, Berkeley, CA.

Ministério da Ciência e Tecnologia [Brasil] (2003), *Plano Plurianual do MCT – 2004-2007*, MCT, Brasil.

Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología [Argentina] (2004), *Plan Estratégico Nacional de Mediano Plazo en Ciencia, Tecnología e Innovación (2004-2009)*, I Seminario Internacional sobre Políticas Públicas en Ciencia, Tecnología e Innovación, Caracas, 13-15 de octubre.

Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación [Venezuela] (2005), *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Construyendo un futuro sustentable*, Caracas, MCT.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación [Venezuela] (2006), *Hacia la Misión Ciencia. Aproximación conceptual*, Presentación del MCT dirigida a los organismos adscritos …, Caracas, MCT, 5 de enero.

Mullins, N. (1972), «The structure of an elite: The Advisory Structure of the U.S. Public Health Service»: *Science Studies,* 2/1, 3-29.

Navarro Jiménez, G. (2005), «Venezuela: desarrollo endógeno y transición al socialismo», *Comunicación para la Libertad. Altercom (Agencia de Prensa de Ecuador)*, disponible en http://ecuador.indymedia.org/es/2005/12/12212.shtml.

Negraes, C. L. B. y Egler, P. (2002), «The Brazilian Genome Project: A Successful Example of a Research Network»: *Science, Technology & Society*, 7/2, 313-338.

Oldham, G. (2005), *International Scientific Collaboration. A Quick Guide*, informe del dossier sobre Investigación y Desarrollo, disponible en http://www.scidev.net/en/policy-briefs/international-scientific-collaboration-a-quick-gui.html.

Postel-Vinay, O. (2002), «La défaite de la science française» y «L'avenir de la science française»: *La Recherche*, 352, 60-73.

Presidencia del Gobierno de España (2004), Real Decreto 553/2004: *BOE*, 94, de 18 de abril, 16003-16006.

Quijano, A. (2004), «El laberinto de América Latina: ¿Hay otras salidas?»: *Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales*, 10/1, 75-97.

Ravetz, J. (2001), «Science advice in the knowledge economy»: *Science and Public Policy*, 28/5, 389-393.

Renn, O. (2005), *White Paper on Risk Governance: towards an integrative approach*, International Risk Governance Council, Geneva

Rollemberg, R. (2004), *Ciencia, tecnología e innovación para inclusión Social,* I Seminario Internacional Políticas Públicas en Ciencia, Tecnología e Innovación, MCT, Caracas.

Sabato, J. y Botana, N. (1970), *La ciencia y la tecnología en el desarrollo de América Latina*, Instituto de Estudios Peruanos, Lima.

Salomon, J. (1974), *Ciencia y política*, Siglo XXI, México.

Sanz Menéndez, L. (1995), «Research actors and the state: research evaluation and evaluation of science and technology policies in Spain»: *Research Evaluation*, 5/1, 79-88.

Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (2003), *Proyecto Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva 200*, SECyT, Buenos Aires.

Simpson, A. J. G. *et al.* (2000), «The Genome Sequence of the Plant Pathogen *Xylella fastidiosa*. The *Xyllela fastidiosa* Consortium of the Organization of Nucleotide Sequencing and Analysis»: *Nature*, 406, 151-157.

Skolnikoff, E. (1993), *The Elusive Transformation: Science, Technology, and the Evolution of International Politics,* Princeton University Press, Princeton, NJ.

Sörlin, S. y Vessuri, H. (2007), «Introduction. The Democratic Deficit of Knowledge Economies», en S. Sörlin y H. Vessuri (eds.), *Knowledge Society versus Knowledge Economy: Knowledge, Power, and Politics*, Palgrave, New York, 1-33.

Stehr, N. (2003), *Knowledge Politics. Governing the Consequences of Science and Technology,* Paradigm, Boulder/London.

Van der Meulen, B. y Rip, A. (1996), «El sistema de innovación moderno»: *Redes* (Buenos Aires), III/6, 13-31.

Vessuri, H. (1995), «El proceso de institucionalización», en J. J. Salomon y F. R. Sachs-Jeantet (comps.), *Una búsqueda incierta. Ciencia, tecnología y Desarrollo*, Fondo de Cultura Económica/UNU, México, 199-234.

# CIENCIA Y VALORES EN LA REGULACIÓN DEL CAMBIO TECNOLÓGICO[1]

*José Luis Luján y José A. López Cerezo*

## 1. INTRODUCCIÓN

La regulación de la actividad tecnológica es una de las formas en las que las sociedades contemporáneas pueden orientar el cambio tecnológico y la innovación en procesos y productos[2]. De hecho, buena parte de los conflictos sociales y problemas éticos suscitados por tecnologías concretas pueden interpretarse como controversias en torno a la regulación de esas tecnologías.

En las sociedades contemporáneas, la tecnología se regula tanto de forma directa como indirecta. La tecnología es indirectamente regulada mediante la regulación del mercado, la regulación laboral y la regulación de la propiedad. Estos diferentes tipos de regulación indirecta inciden sobre el ritmo y la dirección del cambio tecnológico. La regulación del mercado de la electricidad afecta al desarrollo de diferentes tecnologías de producción energética. Ejemplos similares se pueden encontrar en la regulación de las telecomunicaciones o de cualquier otro sector. La regulación laboral repercute sobre la elección de tecnologías por parte de los empresarios y en el estímulo, o limitación, de la innovación. El modo en el que se regula la

1. Trabajo realizado en el marco de los proyectos «Políticas de la ciencia: Análisis de las dimensiones sociales y políticas de la cultura científica» (MICIIN-12-FFI2011-24582), «El principio de precaución en la evaluación de riesgos» (HUM2006-12284/FISO) y «Las explicaciones basadas en mecanismos en la evaluación de riesgos» (FFI2010-20227/FISO) del Ministerio de Ciencia e Innovación del Reino de España y cofinanciados con fondos FEDER de la Comisión Europea.

2. Sobre diferentes cuestiones relacionadas con la regulación y el «Estado regulador», véase Jordana y Levi-Faur (2004).

propiedad de recursos como el gas, el petróleo, el agua, etc., influye asimismo en el cambio tecnológico, como también las leyes de patentes y de propiedad intelectual.

Existen también regulaciones directas de las tecnologías, cuyos objetivos pueden ser los siguientes (Braun y Wield, 1994):

1. *Regulaciones para proteger la salud*. Gran parte de la regulación de las aplicaciones tecnológicas caen bajo esta categoría. Regular los requisitos que deben cumplir los operarios de ciertas máquinas cumple esta función. También la regulación de los productos farmacéuticos, fitosanitarios o, en general, cualquier producto químico.

2. *Regulaciones para evitar la interferencia entre usuarios de la tecnología*. La regulación de todo tipo de tráfico, marítimo, terrestre, aéreo, y de las telecomunicaciones persigue esta finalidad. En este caso, la regulación se convierte en un requisito para que la tecnología pueda llegar a funcionar de manera adecuada.

3. *Regulaciones de las condiciones de trabajo y para asegurar la calidad de vida*. La regulación laboral puede influir indirectamente sobre el cambio tecnológico, pero la regulación de las condiciones de trabajo lo condiciona directamente. Hay tecnologías o productos que pueden ser directamente prohibidos por la legislación laboral. Otras leyes tienen el propósito de proteger la calidad de vida de los ciudadanos en general. Por ejemplo, la regulación del ruido, de la construcción, etcétera.

4. *Regulaciones para proteger el ambiente*. Los requisitos de declaración de impacto ambiental, la regulación sobre residuos y emisiones, para proteger la calidad del aire y el agua, etc., tienen la finalidad de aminorar los impactos tecnológicos negativos sobre el ambiente[3]. En la actualidad, en este sector se plantea el problema de la regulación internacional de emisión de gases debido al calentamiento de la atmósfera, y, en general, el problema de la coordinación de las diferentes instancias reguladoras.

De modo general, hay dos líneas principales de argumentación a favor de la regulación de la tecnología (Braun y Wield, 1994):

1. La regulación reduce los costes del aprendizaje social en relación con las tecnologías. En el caso de riesgos a largo plazo para la salud y el ambiente cabe pensar, por lo menos en teoría, que, con el tiempo el mercado podría controlarlos de modo efectivo. Pero el tiempo que tardaría en hacerlo aumentaría los costes sociales respec-

3. Para una revisión de la evaluación de impacto ambiental desde un enfoque CTS, véase, por ejemplo, López Cerezo y González García (2002).

to a la regulación. En este caso, la regulación sustituye los mecanismos de mercado.

2. La regulación sirve para expresar demandas que sólo pueden formularse políticamente. Esto ocurre cuando hay preferencias que los individuos no pueden expresar mediante sus decisiones de consumo. En estos casos, la regulación complementa los mecanismos de mercado[4].

El primer argumento posee tanto una dimensión ética como cognitiva. El aprendizaje social al que se hace referencia consiste en determinar el modo en que ciertas tecnologías afectan valores como la protección del entorno, de la salud pública, de la privacidad, etc. En este proceso de aprendizaje desempeña una función importante el conocimiento científico, que se utiliza en este contexto para anticipar los posibles efectos de las tecnologías. El conocimiento científico se constituye así en la herramienta básica para «reducir los costes del aprendizaje social» relacionados con el cambio tecnológico. En este contexto, desde los años setenta se han consolidado diferentes tipos de actividad científica, como la evaluación de impacto ambiental, la evaluación de tecnologías, la evaluación de riesgos, etc.[5]. Se trata de un tipo de conocimiento estrechamente asociado a las políticas públicas y la regulación del cambio tecnológico.

## 2. CIENCIA REGULADORA

Durante el siglo XX se ha producido una implicación creciente de la ciencia en la formulación de políticas públicas. Esta función del conocimiento científico ha conducido a la aparición de una actividad científica con características particulares. Diversos son los términos que se han utilizado para nombrar esta actividad: transciencia, ciencia reguladora, ciencia posnormal o ciencia posacadémica[6]. Cuando una administración elabora hoy políticas de protección social o educativas, por ejemplo, utiliza normalmente conocimiento científico proporcionado por la sociología, la psicología y la economía. La posterior evaluación de dichas políticas se realiza utilizando también metodologías

4. Sobre la relación entre mecanismo de mercado y regulación política respecto al cambio tecnológico, véase Todt y Luján (1997).

5. Véanse, en general, López Cerezo y Martín Gordillo (2002) y Luján y López Cerezo (2004).

6. Véanse Weinberg (1970), Funtowicz y Ravetz (1990), Jasanoff (1990) y Ziman (1998).

y contenidos científicos. Se puede afirmar de forma general que en la actualidad no existe prácticamente ninguna área de las políticas en las que el conocimiento científico no sea un factor relevante.

Los impactos de la tecnología son uno de los objetos de las políticas públicas. El conocimiento científico desempeña una función importante en la elaboración de estas políticas públicas reguladoras de los impactos tecnológicos. La evaluación de tecnologías, el análisis de impacto ambiental y la evaluación de riesgos son ejemplos de ciencia reguladora que suministra conocimiento para la elaboración de políticas públicas que tienen como objetivo principal la regulación de la tecnología.

Sheila Jasanoff (1990 y 1995) señala que la ciencia reguladora se distingue de la ciencia académica principalmente por el contexto, pero también respecto al contenido. En cuanto al contexto, las diferencias señaladas por Jasanoff son las siguientes. La práctica de la ciencia académica se produce en ambientes de consenso, estructurados por paradigmas bien establecidos que proporcionan estándares de control metodológico y de calidad. En la ciencia reguladora, por el contrario, las normas de evaluación son más difusas, controvertidas y sujetas a consideraciones políticas. Este tipo de ciencia, además, está sometida a limitaciones de tiempo que restringen severamente las posibilidades de alcanzar consensos científicos amplios. Entre los expertos implicados es común la divergencia, y se producen controversias científicas que frecuentemente alcanzan visibilidad pública. La ciencia reguladora está sujeta a la presión de diferentes grupos de interés que interpretan de diferente forma los principales resultados, por lo que se ve envuelta frecuentemente en debates públicos.

Las diferencias en relación con el contenido las agrupa Jasanoff en tres categorías: producción del conocimiento, síntesis del conocimiento y predicción. En cuanto a la producción de conocimiento, una parte considerable de la ciencia reguladora trata de rellenar las lagunas del conocimiento existente para hacerlo relevante en la elaboración de políticas. Es, por tanto, una investigación claramente orientada hacia objetivos prácticos concretos. Otra de las actividades básicas de la ciencia reguladora es establecer relaciones entre diferentes cuerpos de conocimiento existente con el fin de averiguar si es posible responder así a ciertas preguntas. Por ello, la evaluación, el sondeo y el metaanálisis son tareas más importantes que en la ciencia académica. La ciencia reguladora debe, además, predecir los riesgos de una tecnología y los posibles efectos de la regulación —un objetivo que introduce en la ciencia reguladora un alto nivel de incertidumbre.

Diferencias entre la ciencia académica y la ciencia reguladora

| | *Ciencia académica* | *Ciencia reguladora* |
|---|---|---|
| *Metas* | «Verdades» originales y significativas. | «Verdades» relevantes para la formulación de políticas. |
| *Instituciones* | Universidades, organismos públicos de investigación. | Agencias gubernamentales, industrias. |
| *Productos* | Artículos científicos. | Informes y análisis de datos, que a menudo no se publican. |
| *Incentivos* | Reconocimiento profesional. | Conformidad con los requisitos legales. |
| *Plazos temporales* | Flexibilidad. | Plazos reglamentados, presiones institucionales. |
| *Opciones* | Aceptar la evidencia. Rechazar la evidencia. Esperar por más o mejores datos. | Aceptar la evidencia. Rechazar la evidencia. |
| *Instituciones de control* | Pares profesionales. | Instituciones legisladoras. Tribunales. Medios de comunicación. |
| *Procedimientos* | Revisión por pares, formal o informal. | Auditorías. Revisión regulador a profesional. Revisión judicial. Vigilancia legislativa. |
| *Estándares* | Ausencia de fraude y falsedad. Conformidad con los métodos aceptados por pares científicos. Significatividad estadística. | Ausencia de fraude y falsedad. Conformidad con los protocolos aprobados y las directrices de la agencia institucional. Pruebas legales de suficiencia (por ejemplo, evidencia substancial, preponderancia de la evidencia, etcétera). |

*Fuente*: Jasanoff (1990 y 1995) (adaptada).

En un sentido similar, Silvio Funtowicz y Jerome Ravetz (1990; 1993 y 1997) distinguen, a su vez, entre ciencia normal, ciencia aplicada, asesoramiento profesional y ciencia posnormal. La ciencia normal la definen al modo de Thomas Kuhn: como un proceso de resolución

de problemas sin tener en cuenta las cuestiones metodológicas, sociales y éticas más amplias. La distinción entre ciencia aplicada, asesoramiento profesional y ciencia posnormal depende de dos atributos: el nivel de incertidumbre y la importancia de las decisiones (o potencial de impacto).

Si ambos atributos son mínimos, la investigación aplicada proporciona información que se aplica a una cuestión política sin que se genere debate público. Cuando aumenta tanto la incertidumbre como la relevancia de las decisiones, surge el asesoramiento profesional. Una parte de la actividad de médicos e ingenieros, por ejemplo, pertenecería a esta clase. Se trata de resolver o asesorar para solucionar problemas que afectan directamente a personas, y que requieren de las habilidades y el juicio de un profesional. La ciencia posnormal es la que se enfrenta a problemas que pueden afectar a la supervivencia de ecosistemas o de poblaciones y que son de difícil definición. Muchos de los problemas ambientales o relacionados con riesgos tecnológicos podrían clasificarse en esta categoría y, debido a su relevancia social, son problemas marcadamente politizados. En una controversia relativa a los impactos de alguna tecnología, cuando cualquiera de las partes considera que se están poniendo en peligro sus intereses o sus valores (morales, políticos, etc.), siempre es posible identificar alguna debilidad evidencial o metodológica para poner en duda la información científica presentada por el rival. Las partes siempre pueden invocar la incertidumbre selectivamente[7].

Una caracterización análoga puede desarrollarse para el ámbito de las nuevas tecnologías, especialmente cuando se expresan como sistemas complejos con un impacto social o natural potencialmente alto. El ejemplo canónico de las nuevas «tecnologías posnormales» son las centrales nucleares. El fuerte impacto potencial hace de ellas tecnologías sujetas a frecuentes conflictos sociales y debates públicos, induciendo su «politización». Pero, además, la complejidad de estos sistemas, y la estrecha interdependencia de sus elementos componentes, hace muy difícil la anticipación y prevención de sus posibles malfuncionamientos y da lugar a los llamados «accidentes normales» (Perrow, 1984)[8]. Al igual que ocurre con la ciencia reguladora o la ciencia pos-

7. Sobre la dinámica política de la incertidumbre en la regulación de los riesgos tecnológicos, véase Todt y Luján (2008).

8. De acuerdo con Charles Perrow (1984), las tecnologías contemporáneas son sistemas complejos con una gran cantidad de elementos técnicos interconectados. Una central nuclear, una planta petroquímica o una misión espacial no pueden ofrecer nunca una seguridad absoluta; tienen unas características tales que en ellas los accidentes

normal, la incertidumbre y las apuestas de decisión son muy altas en cada vez más sistemas tecnológicos del mundo actual.

La magnitud del impacto social y ambiental del cambio tecnológico contemporáneo, y las características y limitaciones del conocimiento que está en la base de su regulación, resaltan así la necesidad de analizar la elaboración y la gestión de las políticas relacionadas con la tecnología atendiendo a los valores con los que explícita o implícitamente se comprometen.

### 3. ÉTICA Y REGULACIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Según K. Shrader-Frechette (1992), los análisis filosóficos de la relación entre tecnología y ética caen generalmente en alguna de estas cinco categorías: 1) cuestiones conceptuales o metaéticas; 2) cuestiones normativas generales; 3) cuestiones normativas particulares concernientes a alguna tecnología específica; 4) cuestiones sobre las consecuencias éticas del desarrollo tecnológico; y 5) cuestiones sobre la justificabilidad ética de los diferentes métodos de evaluación de tecnologías.

A la primera categoría pertenecen los análisis sobre, por ejemplo, la definición de «consentimiento libre informado» o el estudio de la noción de tecnología en términos de la teoría de la acción. Ejemplos de la segunda categoría son los análisis referentes a si tenemos deberes respecto a las generaciones futuras o relativos a una distribución socialmente justa de riesgos tecnológicos. Pertenecen a la tercera clase de cuestiones, por ejemplo, los análisis centrados en la tecnología nuclear, respecto a si es o no lícito que las empresas pongan en funcionamiento una tecnología no sometida a la obligación de suscribir seguros de responsabilidad civil completa en caso de accidente. Muchos de los análisis relacionados con el Proyecto del Genoma Humano son magníficos ejemplos del cuarto tipo de análisis filosóficos. En 1987, Sheila Jasanoff se preguntaba si la investigación en genética podría modificar la Constitución norteamericana. Argumentaba que estas investigaciones proporcionan conocimiento que afecta a categorías política y

han de ser considerados como inevitables. En estos sistemas no se desarrollan procesos lineales que, en principio, puedan ser descritos por completo y planificarse cuidadosamente. Debido a esa estructura compleja e interconexión de sus elementos, las garantías de que todo funcionará como se espera nunca son completas. Un fallo en una parte del sistema puede producir, por vías diversas, un efecto cascada con consecuencias globales de carácter incierto. Es más, si se intenta aumentar la seguridad de sistemas complejos, ello hará que su complejidad se vea también aumentada, haciéndose más propensos a fallos y menos controlables. Sobre la controversia en torno a los *accidentes normales*, véase Luján y López Cerezo (2003).

moralmente significativas, como las dicotomías que tradicionalmente se establecen entre público y privado, natural y artificial, salud y enfermedad, libre albedrío y determinismo. Ésta ha sido la orientación preferida por las instituciones (o programas institucionales) dedicadas al estudio de los aspectos morales y políticos de las tecnologías genéticas. La posibilidad de discriminación por la introducción de los diagnósticos génicos ha sido uno de los temas centrales de estos análisis. La quinta categoría hace referencia a los trabajos que analizan, por ejemplo, la aplicación del análisis de costes y beneficios en la evaluación de tecnologías.

Nuestro objetivo en la parte principal de este trabajo es estudiar la relación que hay entre cuestiones de la segunda y la quinta categoría, mostrando así la diversidad de aspectos éticos y valorativos que están asociados a la regulación de la tecnología cuando ésta es objeto del análisis filosófico. Al abordar la quinta categoría de la clasificación de Shrader-Frechette, nos centraremos en la interacción entre aspectos cognitivos y éticos en las investigaciones científicas sobre las consecuencias de la innovación tecnológica, específicamente en el ámbito de la evaluación de riesgos.

## 4. RIESGOS TECNOLÓGICOS Y JUSTICIA SOCIAL

Un tema importante en el análisis ético de la tecnología y su regulación política es el relativo a la distribución social de riesgos de origen tecnológico. Hace ya varias décadas que el sociólogo alemán Ulrich Beck acuñó el concepto de sociedad del riesgo (*Risikogesellschaft*) (Beck, 1986). Una de las tesis defendidas por este autor es que el eje de los conflictos sociales contemporáneos ya no es la clásica distribución de bienes, sino la distribución de males. La distribución del riesgo, más que de la riqueza, es lo que moviliza hoy a numerosos colectivos sociales en el mundo desarrollado.

> Con el surgimiento de la sociedad del riesgo, los conflictos sobre la distribución de los «males» se superponen a los conflictos sobre la distribución de los «bienes» (renta, trabajo, seguridad social) que constituyeron el conflicto básico de la sociedad industrial y se intentaron solucionar en las instituciones relevantes. Estos conflictos sobre la distribución de los males pueden interpretarse como conflictos sobre la responsabilidad distributiva. Surgen en torno a la distribución, prevención, control y legitimación de los riesgos que acompañan a la producción de bienes (Beck, 1994, 19).

No es necesario estar totalmente de acuerdo con Beck para reconocer que la distribución del riesgo es hoy uno de los factores importantes para analizar, desde diferentes posiciones, el nivel de justicia de las sociedades actuales[9]. Varios filósofos, entre los que cabe mencionar a Kristin Shrader-Frechette y Carl Cranor, han analizado este problema comparando las respuestas que se ofrecen desde los enfoques utilitaristas, desde la teoría de la justicia distributiva de John Rawls, y desde aproximaciones individualistas como la de Thomas Scanlon.

Estas tres orientaciones filosóficas pueden aplicarse a la evaluación del cambio tecnológico, y, en ese sentido, proporcionar fundamentos diferentes para su regulación. Son enfoques distintos de evaluación que se caracterizan principalmente por la información en que se basan: la información que se considera imprescindible para realizar los juicios de valor; y la información que se excluye y no es tenida en cuenta en la evaluación[10]. Como ha señalado Amartya Sen, «el verdadero alcance de una teoría de la justicia puede entenderse, sobre todo, por su base de información: qué información se considera —o no— directamente relevante» (Sen, 1999, cap. 3).

Desde un punto de vista utilitarista, en la distribución de los recursos, se ha de optar por aquella alternativa que asegure el bien común o, en términos más técnicos, que maximice la utilidad social. El criterio de comparación de sociedades es para los utilitaristas la utilidad social. Ésta es la información básica que los utilitaristas consideran relevante en sus evaluaciones. De acuerdo con esta orientación filosófica, el cambio tecnológico se puede analizar teniendo en cuenta los cambios en utilidad social que introduce.

El cambio en utilidad introducido por una innovación tecnológica (y por su regulación) sería una función de 1) los cambios en utilidad consecuencia del incremento o descenso de los ingresos de los individuos afectados por el cambio; 2) los cambios en utilidad producidos por el aumento o descenso de las oportunidades de empleo para los individuos concernidos; y 3) el cambio en utilidad resultante de los cambios en morbilidad y mortalidad entre los individuos afectados (Cranor, 1993, 164).

La estrategia utilitarista recomienda la combinación de ingresos, oportunidades de empleo y salud pública que maximice la utilidad social. Permite por ello intercambios entre estos tres factores de la utilidad. Ésta es quizás la característica más destacada del análisis utilitaris-

9. En López Cerezo y Luján (2000) se critica alguna de las tesis de Beck respecto a la diferencia entre la distribución de «bienes» y «males».

10. Para un tratamiento general, véase Sen (1999).

ta del cambio tecnológico y de la distribución social de los riesgos a él asociado. Siguiendo a Carl Cranor (1993, 163-168), los principales problemas de esta concepción en el ámbito del cambio tecnológico son los siguientes:

1. El principio guía del utilitarismo es asegurar el máximo bien para la comunidad como un todo. Permite, entonces, que los intereses individuales sean sacrificados en función de un aumento de la utilidad social. Por ejemplo, permite intercambiar la protección de la salud en los lugares de trabajo por un aumento en el bienestar general de la sociedad.

2. El utilitarismo no presta atención a la distribución de los bienes en la sociedad. Por lo tanto, justifica intercambios que conlleven la disminución de las condiciones sanitarias de trabajo si conducen, por ejemplo, a un aumento en las oportunidades de trabajo de ciertos grupos sociales, aunque éstos ya tengan unas oportunidades muy superiores a la media.

3. Si un número suficiente de personas recibe pequeños —incluso superficiales— beneficios, el utilitarismo permite la introducción de procesos productivos perjudiciales para una minoría. Esto es así porque está permitido cambiar un aumento pequeño de utilidad para mucha gente por una gran pérdida de utilidad para un número pequeño de personas. Ésta es otra de las consecuencias de la falta de sensibilidad del utilitarismo hacia la distribución.

De modo general, se puede afirmar que el utilitarismo no garantiza una cierta distribución ni de los recursos ni de los riesgos. Su objetivo es maximizar la utilidad social global, que en ocasiones puede ser inconsistente con garantizar ciertas protecciones mínimas para los individuos o para ciertos colectivos sociales.

Para completar el análisis anterior debemos señalar que no toda concepción utilitarista parte de la idea de que es posible realizar comparaciones interpersonales de utilidad. Esta idea ha sido muy controvertida, por lo que algunos autores han tratado de desarrollar acercamientos de corte utilitarista que no partan del supuesto de las comparaciones interpersonales de utilidad[11]. Con esta finalidad se han propuesto los llamados criterios de compensación, que se utilizan primariamente para evaluar medidas políticas que generan ganancias para unos in-

11. Sobre las diferencias entre el utilitarismo cardinalista y el utilitarismo ordinalista, y un análisis pormenorizado de los problemas técnicos y éticos que plantean, véase Domènech (1996).

dividuos y pérdidas para otros[12]. Estos criterios de compensación se pueden utilizar también para evaluar los cambios sociales producidos por las nuevas tecnologías y, en concreto, para valorar la distribución de riesgos de origen tecnológico mediante la regulación.

El criterio conocido como superioridad de Pareto puede utilizarse para evaluar asignaciones de recursos, políticas públicas, regulaciones, etc., sin recurrir a las comparaciones interpersonales de utilidad: una alternativa es mejor que otra si alguien mejora su utilidad y nadie empeora; es peor si alguien empeora y nadie mejora; y no es posible la comparación si algunos mejoran y otros empeoran. Uno de los problemas que se plantea es que, en general, las políticas públicas, el cambio tecnológico y las regulaciones producen tanto ganadores como perdedores, por lo que el criterio de Pareto no puede utilizarse en la mayoría de las situaciones reales. Los criterios de compensación pretenden superar este problema, de tal modo que sea posible evaluar medidas que generan ganadores y perdedores sin recurrir a las comparaciones interpersonales de utilidad. En este contexto se ha propuesto el conocido como criterio de Kaldor-Hicks: un cambio incrementa el bienestar social si quienes ganan lo hacen en tal magnitud que pueden compensar a quienes pierden y mantienen todavía alguna ganancia. En cualquier caso, conviene señalar que la compensación es sólo potencial, no se requiere una compensación real.

Sen (1987) hace notar que si se compensa realmente a los perdedores, entonces, el resultado es una mejora en el sentido de Pareto, por lo que no son necesarios los criterios de compensación. Pero si las compensaciones no se hacen efectivas, no hay manera de eludir las comparaciones interpersonales de utilidad, puesto que se les está otorgando mayor peso a las ganancias de unos que a las pérdidas de otros (Sen, 1987; Sánchez y De Santiago, 1998). Pese a estos problemas, los criterios de compensación son básicos en los análisis de costes y beneficios (Little, 2002), una de las herramientas fundamentales en la gestión de riesgos tecnológicos de corte utilitarista[13].

El análisis de costes y beneficios es un conjunto de técnicas económicas que permiten cuantificar los efectos de una medida, por lo que puede ser de ayuda en la toma de decisiones. En la gestión de riesgos, el objetivo es establecer un balance de los efectos de la regulación,

12. Sobre los criterios de compensación, véase Sánchez y De Santiago (1998).

13. Una defensa de los criterios de compensación en la gestión de riesgos se encuentra en Leonard y Zeckhauser (1986). Para un examen crítico del uso del análisis de costes y beneficios y de los criterios de compensación en la evaluación de tecnologías, véase Shrader-Frechette (1980).

y determinar si los beneficios de su establecimiento son superiores a los costes, o no.

El utilitarismo es el enfoque general sobre el que se defiende el análisis de costes y beneficios, por lo que comparten críticas. No obstante, existen defensas pragmáticas del análisis de costes y beneficios. Leonard y Zeckhauser expresan un ejemplo de este tipo de defensa cuando afirman que «la cuestión crucial es si [el análisis de costes y beneficios] está más o menos sujeto a manipulación que los procedimientos de decisión alternativos» (Leonard y Zeckhauser, 1986, 31). Su respuesta es que el análisis de costes y beneficios no es más fácilmente manipulable en la dinámica política que otros criterios de decisión.

> El análisis de costes y beneficios no puede convertirse en el árbitro único o decisivo de las decisiones públicas. Pero ofrece una útil estructura al debate público, y nos permite cuantificar alguno de los aspectos cuantificables de las decisiones públicas (Leonard y Zeckhauser, 1986, 34).

Una de las defensas más decididas del análisis de costes y beneficios en la gestión de riesgos se debe a Cass R. Sunstein. Este autor parte de lo que considera dos hechos bien establecidos: 1) la gente tiene problemas importantes para pensar adecuadamente los riesgos; 2) los actores sociales bien organizados explotan las limitaciones cognitivas en relación con los riesgos para orientar la legislación hacia la promoción de sus propios intereses. Sobre esta base, Sunstein defiende que lejos de ser antidemocrático, el uso del análisis de costes y beneficios es imprescindible para una gestión democrática de los riesgos tecnológicos.

> Podría parecer que el análisis de costo-beneficio no es democrático, especialmente en la medida en que permite que las políticas sean establecidas en gran parte por los expertos. He afirmado que, por el contrario, el análisis de costo-beneficio constituye una herramienta importante para promover las metas democráticas, porque procura que se dé alguna explicación de las consecuencias probables de la regulación a los funcionarios y al público en general (Sunstein, 2002, 390).

El argumento principal de Sunstein a este respecto es que el análisis de costes y beneficios es un instrumento útil para enfrentarse a los dos problemas anteriormente señalados de la gestión de riesgos, por lo que posibilita la formación de consensos sobre la base de un conocimiento de las consecuencias de las decisiones y, además, ayuda a la fiscalización democrática de la regulación. En cualquier caso, Sunstein reconoce la pertinencia de muchas de las críticas que se han

realizado al análisis de costes y beneficios, por lo que también propone que éste debería reformarse.

Frente a las posiciones utilitaristas, Cranor y Shrader-Frechette han analizado el cambio tecnológico y la distribución del riesgo a partir de la teoría de Rawls sobre la justicia distributiva[14]. Para Rawls, la valoración de una sociedad depende, entre otras cosas, de cómo les vaya a sus miembros más desfavorecidos. Una sociedad es mejor que otra si a los miembros más desfavorecidos de la primera les va mejor que a los más desfavorecidos de la segunda. Éste es el conocido como principio de la diferencia. El enfoque de Rawls, otorga, además, prioridad a ciertos derechos que no pueden de ningún modo subordinarse a otros objetivos.

Cranor (1993) utiliza la teoría de N. Daniels (1985) sobre la protección de la salud, fundamentada en la concepción de la justicia de Rawls. El punto de partida de Cranor es la afirmación de Rawls de que cada miembro de la sociedad posee una inviolabilidad fundamentada en la justicia que el bienestar de los demás no puede anular. El segundo pilar de su posición es la consideración de Daniels de que la protección de la salud, al igual que del acceso a la educación, es necesaria para garantizar la igualdad de oportunidades de los individuos en vistas a perseguir una vida buena. La protección de la salud, como bien básico, ha de tener un lugar destacado en cualquier teoría de la justicia distributiva. Según Daniels, una sociedad justa ha de procurar que los poderes públicos garanticen la protección de la salud de los ciudadanos.

El caso de las enfermedades causadas por actividades humanas es especialmente llamativo. Se trata de prácticas, acciones e instituciones que son modificables y que, sin embargo, están socavando la igualdad de oportunidades en el seno de una sociedad. Las enfermedades inducidas por las condiciones de trabajo o la contaminación del ambiente son, entonces, el resultado de prácticas humanas alterables y, por tanto, son prácticas, consciente o inconscientemente, discriminatorias. Cuando un daño es consecuencia de acciones (u omisiones) humanas, entonces conlleva imputabilidad y, por tanto, responsabilidad[15].

Según Cranor (1993, 171-172), la que denomina teoría de Daniels-Rawls posee varias ventajas sobre el punto de vista utilitarista anteriormente expuesto. Algunas de ellas son las siguientes:

14. Véase Rawls (1971).

15. Ésta es una diferencia importante entre riesgo y peligro, pues, al contrario que aquél, éste no involucra imputabilidad y responsabilidad (López Cerezo y Luján, 2000).

1. Especifica cierta distribución de los recursos para la protección de la salud, teniendo como objetivo la igualdad de oportunidades. La protección de la salud incluye cosas tales como asegurar mínimamente la igualdad en la disponibilidad de agua, aire, alimentos, etc., saludables.
2. Asegurar la igualdad de oportunidades es imprescindible en una sociedad que valora la autonomía y la libertad individual. Si un individuo se ve forzado a escoger entre proteger su salud (por ejemplo, trabajar en condiciones insalubres) y asegurarse un mínimo bienestar, entonces no vive en una sociedad mínimamente justa.
3. Contrariamente al punto de vista utilitarista, no está permitido el intercambio entre igualdad de oportunidades y el incremento del bienestar general. Como hemos señalado, el enfoque de Rawls otorga prioridad a ciertos derechos políticos y humanos, que no pueden de ningún modo subordinarse a otros objetivos.
4. Como consecuencia de 3, no es aceptable que pequeños beneficios para muchos violen la protección de la salud de algunos individuos, aunque ello pudiera significar un aumento del bienestar general.

Recientemente, Cranor ha analizado los problemas morales que se plantean en la regulación de riesgos tecnológicos desde una perspectiva individualista. Siguiendo a autores como John Taurek (1977) y Thomas Scanlon (1999), propone bloquear algunos de los intercambios de pérdidas y ganancias que el utilitarismo permite. Según Cranor:

> ... los efectos adversos serios para los individuos, tales como la muerte y las enfermedades graves, moralmente no pueden ser contrapesados por los efectos beneficiosos modestos o menores para otros, incluso cuando se beneficien muchos otros. Esto me parece que es parte de una perspectiva moral más plausible que la utilitarista o la cuasiutilitarista (de las que el análisis de costes y beneficios formaría parte) que ha tendido a dominar la discusión sobre evaluación de riesgos y sobre las políticas de gestión de riesgos (2004, 128).

Shrader-Frechette ha defendido que en la gestión del riesgo en particular, y del cambio tecnológico en general, ha de seguirse el punto de vista rawlsiano sobre la justicia distributiva. De los argumentos de Shrader-Frechette (1991) destacamos los siguientes:

1. El compromiso con valores fundamentales, como el derecho a la vida y a la seguridad física, implica que debe haber igualdad respecto a la distribución de riesgos. No está permitido, entonces, que

un segmento de la población sea sometido a mayores riesgos por el aumento del bienestar social. La eficiencia, señala Shrader-Frechette, no proporciona apoyo moral para la discriminación, especialmente para la discriminación contra los menos favorecidos. Ésta es una consecuencia, según Shrader-Frechette, de la concepción rawlsiana de la justicia como imparcialidad.

2. Aplicar el criterio maximín en la gestión de riesgos tecnológicos otorga prioridad a los elementos más desfavorecidos de la sociedad. Para Shrader-Frechette, «el progreso tecnológico, sin un compromiso con la igualdad en la distribución de los riesgos sociales, no elimina las desigualdades distributivas porque normalmente los pobres sufren los impactos de los riesgos tecnológicos» (Shrader-Frechette, 1991, 120).

Los argumentos desarrollados por Shrader-Frechette y Cranor poseen consecuencias tanto para la gestión de riesgos como para la evaluación de riesgos. Para Shrader-Frechette, tanto los gestores públicos como los investigadores que se ocupan de las posibles consecuencias de las aplicaciones tecnológicas poseen la obligación *prima facie* de minimizar el riesgo público. Esto significa que gestores y científicos deben tratar asimétricamente los diferentes tipos de errores. Los errores de tipo I (falso positivo: rechazo de una hipótesis nula verdadera) son riesgos para las industrias o los promotores de una actividad o tecnología, mientras que los errores de tipo II (falso negativo: no se rechaza una hipótesis nula falsa) son riesgos para la gente y/o para el entorno. Entonces, tanto los gestores como los investigadores han de optar por minimizar los errores de tipo II antes que los errores tipo I (Shrader-Frechette, 1994, cap. 7).

En términos generales, Cranor está de acuerdo con esta conclusión, aunque la perspectiva individualista aplicada a la gestión y evaluación de riesgos introduce nuevas consideraciones respecto al tratamiento de ambos tipos de errores. Para Cranor, el objetivo de la evaluación y gestión de riesgos ha de ser, en primer lugar, evitar el sufrimiento individual, y es respecto al sufrimiento experimentado por los individuos que hemos de analizar las consecuencias de los errores estadísticos. En general, los falsos negativos tendrán más efectos perjudiciales para las personas que los falsos positivos, pero no siempre es así. Cranor señala que:

> ... podría haber circunstancias en las cuales un falso positivo puede tener serias consecuencias para la salud de los individuos —como privarles de medicamentos que salven sus vidas o medicamentos que podrían

> eliminar tremendos dolores y sufrimientos o eliminar enfermedades graves— [...] No debería haber asimetría en el tratamiento de los falsos negativos y los falsos positivos cuando las consecuencias de cualquier error pudieran ser de una magnitud moral comparable para los individuos afectados —cuando un error resultara en la muerte, la enfermedad seria o un gran sufrimiento (2004, 130).

## 5. ASPECTOS ÉTICOS Y COGNITIVOS EN LA EVALUACIÓN Y GESTIÓN DE RIESGOS

La evaluación de riesgos consiste básicamente en la determinación cuantitativa de riesgos asociados a actividades humanas. Los riesgos pueden ser consecuencia de la emisión de gases o productos tóxicos a la atmósfera (DDT), de hábitos alimentarios (ingesta excesiva de grasas) o de vida (tabaquismo), fallos en el funcionamiento de infraestructuras tecnológicas (accidentes nucleares) o de procesos productivos (como la EEB), introducción de aditivos alimentarios, etc. Los resultados de la evaluación de riesgos se utilizan para informar la gestión de riesgos, que consiste principalmente en la regulación de productos y procesos productivos con el fin de proteger la salud pública y el entorno. La evaluación de riesgos es, entonces, un ejemplo de ciencia reguladora que orienta la elaboración de políticas públicas. El análisis de la interacción entre evaluación y gestión de riesgos ilustra la interacción que en la ciencia reguladora se produce entre valores cognitivos y valores prácticos (morales y políticos) (Rodríguez Alcázar, 2004; Luján, 2005).

En el informe de 1983 del National Research Council norteamericano, la evaluación de riesgos se caracteriza mediante los siguientes cuatro pasos:

1. *Identificación de riesgos*. Consiste en caracterizar la naturaleza y alcance de la evidencia que indica que una sustancia puede incrementar la incidencia de enfermedades (cáncer, defectos de nacimiento, etc.) en humanos, animales de laboratorio u otros sistemas de prueba.
2. *Cuantificación de la relación dosis-respuesta*. Se trata aquí de estimar la incidencia de un efecto como una función de la exposición en varias poblaciones, extrapolando a partir de altas dosis a bajas dosis, de animales de laboratorio a seres humanos.
3. *Análisis de exposición*. Consiste en medir o estimar las poblaciones que están, o podrían estar, expuestas a la sustancia dadas ciertas circunstancias.

4. *Caracterización del riesgo*. Tiene por objeto estimar la incidencia de efectos sobre la salud bajo diferentes condiciones en cada una de las poblaciones. Se utiliza la información obtenida en cada uno de los pasos anteriores.

El cuarto paso, la caracterización del riesgo, es concebido generalmente como una labor de síntesis y traducción de la información. Síntesis de la información obtenida en los tres pasos anteriores y traducción de esa información en el sentido de mostrar su significado para la protección de la salud y el entorno, de tal modo que sea útil para los responsables de tomar decisiones. Las conclusiones de la caracterización del riesgo se utilizan para informar su gestión, que consiste principalmente en la elaboración de diferentes tipos de regulaciones del uso de productos y procesos productivos. La concepción tradicional de la relación entre evaluación y gestión de riesgos es que la evaluación es una actividad científica que proporciona evidencia sobre la naturaleza y alcance de los riesgos, mientras que la gestión se ocupa de elaborar regulaciones teniendo en cuenta dicha evidencia y los niveles de protección socialmente establecidos.

En el informe de 1983 del National Research Council se defiende claramente la separabilidad entre evaluación y gestión: «Si las consideraciones relativas a la gestión afectan la evaluación de riesgos, la credibilidad de la evaluación puede quedar comprometida». Este mismo punto de vista volvió a ser expresado en el informe de 1994: se defiende que es necesario que la evaluación del riesgo sea independiente, y que explícitamente se distinga entre las conclusiones basadas en hechos y los juicios basados en valores. El informe de 1996 cuestiona, sin embargo, este punto de vista y enfatiza la interacción entre evaluación y gestión de riesgos (NRC, 1996).

En lo que sigue mostraremos en qué sentido se puede hablar de una interacción entre evaluación y gestión de riesgos en diferentes niveles: identificación de riesgos, prueba de la existencia de riesgos, y elección de reglas de inferencia para salvar las indeterminaciones que aparecen en la evaluación de riesgos.

### 5.1. *Identificar los riesgos*

La conceptualización de algo como riesgo es una cuestión normativa sujeta a las influencias de la dinámica social. Para Nicholas Rescher (1983), la evaluación de riesgos no puede considerarse una actividad científica valorativamente neutral, pues medir la magnitud de un riesgo exige una valoración normativa, a saber, comparar distintos daños y

valorar su «negatividad» para distintos agentes sociales. Para Rescher, no hay hechos objetivos que permitan determinar impersonalmente la severidad de un daño o el mejor modo de distribuir un perjuicio[16].

Las preocupaciones públicas han influido sobre la Administración para que se ocupe de la regulación de determinadas actividades y/o productos, cuyos efectos sobre la salud o el entorno se convierten a su vez en objeto de investigación científica (Tesh, 2000; Sunstein, 2002; Luján y López Cerezo, 2004; Luján, 2005). Un ejemplo nos lo proporciona la controversia en torno a la biotecnología en Europa, que ha conducido a una redefinición de la noción de daño. La posibilidad de que las plantas modificadas genéticamente crearan resistencia entre los insectos a ciertos insecticidas había sido considerada por las autoridades europeas en un primer momento como un problema agronómico. Pero a partir de la controversia de 1996 sobre la inscripción de una variedad de maíz transgénico, esta posibilidad comenzó a considerarse como un efecto adverso y, en consecuencia, se han desarrollado metodologías científicas para su estudio (Luján y Todt, 2002).

Pero la relación se produce también en la dirección inversa. Los resultados de las investigaciones científicas pueden ser un factor importante tanto en la problematización como en la desproblematización social de ciertas actividades productivas (Tesh, 2000). Un ejemplo bien conocido de problematización lo ofrece el descubrimiento en 1974 del debilitamiento de la capa de ozono de la estratosfera, que colocó en su momento la cuestión de los usos de los compuestos clorofluorocarbonados (CFC) en aires acondicionados, frigoríficos o aerosoles en el centro de la arena pública, y actuó como disparador para el más amplio debate político y académico sobre la emisión de gases y el calentamiento de la atmósfera.

### 5.2. *Probar los riesgos*

Respecto al proceso de probar la existencia de un riesgo hay dos cuestiones fundamentales. Una es la relativa a la carga de la prueba, esto es, establecer si se ha de probar la existencia de un riesgo o mostrar la inocuidad de un producto o proceso. La otra cuestión es determinar los niveles (o estándares) de prueba respecto a la existencia de un riesgo.

16. La literatura de autores como Mary Douglas o John Adams, enmarcada en un enfoque antropológico o sociológico del estudio académico del riesgo, enfatiza esos rasgos sociales en la conceptualización y problematización del riesgo. Véase, por ejemplo, Douglas (1985).

El establecimiento de la carga de la prueba es principalmente una cuestión política, y está relacionada con la priorización de ciertos valores como la protección de la salud, el crecimiento económico, la protección del entorno, etc. Pero la determinación de la carga de la prueba tiene consecuencias directas sobre la evaluación de riesgos al establecer líneas de investigación.

Un ejemplo lo podemos encontrar también en la regulación europea de la biotecnología. Ésta es una regulación que, orientada por el principio de precaución, invierte la carga de la prueba. Ello ha influido de forma decisiva en la modificación de ciertas líneas de desarrollo tecnológico en biotecnología y en el impulso de investigaciones relativas a los impactos ecológicos a largo plazo, como los programas de seguimiento (Todt y Luján, 2000; Luján y Todt, 2002).

También en la determinación de la carga de la prueba existe una interacción entre conocimiento científico y valores prácticos. Para evaluar las consecuencias de que la carga de la prueba recaiga sobre la Administración o sobre quienes emprenden una actividad, es necesaria información proporcionada por la evaluación de riesgos respecto a los efectos de ambas alternativas.

En torno a los niveles (o estándares) de prueba hay dos cuestiones que se han planteado recientemente. La primera es relativa al nivel de rigor de los estándares de prueba en los procesos de regulación de riesgos. La segunda concierne al tipo de evidencia que ha de considerarse como prueba de que, por ejemplo, una sustancia posee efectos negativos sobre la salud o el ambiente (Luján, 2005). En los debates sobre estas dos cuestiones aparece de un modo especialmente claro la interacción entre aspectos cognitivos y éticos.

Al igual que en la carga de la prueba, los estándares de prueba son *prima facie* una cuestión principalmente política relacionada con la priorización de valores o bienes que se quieren alcanzar. La determinación de los estándares de prueba y del tipo de evidencia (cuestiones que generalmente se plantean de manera conjunta) influye en la generación de líneas de investigación en la evaluación de riesgos y de manera general en diferentes disciplinas científicas.

Cranor propone la adopción de pruebas científicas rápidas (*short-term tests*, STTs) como base para la regulación de sustancias químicas. Este tipo de pruebas científicas son relativas al carácter mutagénico, a la relación entre estructura química y actividad biológica, etcétera. La propuesta de Cranor es que este tipo de pruebas sustituya en algunos casos los bioensayos y los estudios epidemiológicos, más intensivos en tiempo y en recursos (Cranor, 1995; 1997 y 2004).

El argumento de Cranor para defender estas pruebas se basa en la interacción entre gestión y evaluación de riesgos, entre valores cognitivos y valores prácticos (Luján, 2005). El objetivo de la evaluación de riesgos es la protección de la salud pública y del ambiente, por lo que Cranor lleva a cabo una comparación de diferentes metodologías de evaluación de riesgos (de carcinogeneidad en este caso) teniendo en cuenta este objetivo. En esta evaluación se comparan los costes sociales de los falsos positivos y los falsos negativos que producen las diferentes metodologías. La conclusión a la que llega Cranor es que las pruebas científicas rápidas pueden ser en muchos casos socialmente más beneficiosas que las que hacen uso de bioensayos y/o estudios epidemiológicos.

Algunos autores defienden que, para proteger el medio ambiente y la salud pública, es mejor un análisis basado en el peso de las pruebas (*weight of evidence*) que tratar de conseguir una determinación exacta del riesgo (Tickner, 1999). Este enfoque relaja los estándares de prueba y reclama que se tenga en cuenta el conjunto de información disponible proveniente de diferentes fuentes. Es posible que ningún tipo de información sea suficiente para afirmar una relación causal, pero, en su conjunto, la información disponible puede ser suficiente para la toma de decisiones. Este enfoque posee consecuencias sobre el desarrollo de líneas de investigación científica, y los argumentos en su defensa son similares a los analizados en el caso de las pruebas científicas rápidas: es un mejor modo de alcanzar los objetivos de protección del entorno y la salud pública. La evidencia a favor de este argumento proviene de la comparación de diferentes metodologías (por lo que es un ejemplo de interacción entre valores cognitivos y prácticos).

Las agencias reguladoras norteamericanas han ido cambiando los estándares de prueba desde los años setenta hasta nuestros días. En las directrices publicadas por la EPA en 1976 para la evaluación de sustancias carcinógenas se consideraba que la evidencia en humanos (estudios epidemiológicos) era fundamental en la identificación de carcinógenos y en el establecimiento de la relación dosis-respuesta. El informe de 1983 del NRC insistía en la importancia de la evidencia en humanos, pero reconocía la dificultad de obtenerla e interpretarla, por lo que admitía que en muchos casos era necesario recurrir a datos procedentes de bioensayos. En 1985 la Office of Science and Technology Policy analizaba los problemas que presentan los estudios epidemiológicos para establecer relaciones causales. En las directrices de la EPA de 1986 se recomendaba realizar valoraciones globales de la evidencia procedente de estudios epidemiológicos, bioensayos, y otra información relevante procedente de pruebas científicas rápi-

das y sobre la relación entre estructura química y actividad biológica. En 1996 la EPA recomendaba sopesar el conjunto de evidencia disponible: evidencia humana, animal y suplementaria.

### 5.3. *Salvar las indeterminaciones*

La evaluación del riesgo es una ciencia que tiene que hacer frente a numerosas indeterminaciones. Una parte importante de estas indeterminaciones está relacionada con el hecho de que no es posible investigar directamente los efectos que ciertas sustancias químicas poseen sobre el ser humano. Se ha de recurrir, por tanto, a datos epidemiológicos y a datos procedentes de bioensayos que utilizan modelos animales. Veamos algunas de las principales indeterminaciones que se plantean en la evaluación del riesgo[17]:

1. *Identificación de riesgos*:

1.1. Datos epidemiológicos

— ¿Qué peso ha de otorgarse a estudios con diferentes resultados? ¿Debe ponderarse un estudio de acuerdo con su peso estadístico?

— ¿Qué peso ha de otorgarse a diferentes tipos de estudios (prospectivos *versus* control, por ejemplo)?

— ¿Qué nivel de significatividad estadística es necesario para que unos resultados sean considerados positivos?

1.2. Datos de bioensayos

— ¿Qué grado de confirmación de resultados positivos es necesario?

— ¿Han de descartarse los resultados negativos u otorgarles menos peso?

— ¿Ha de ponderarse un estudio de acuerdo con su peso estadístico?

— ¿Cómo ha de considerarse la aparición de tumores extraños? (¿Han de considerarse evidencia de carcinogénesis incluso si no tienen significatividad estadística?)

— ¿Qué modelos han de utilizarse para extrapolar los datos a seres humanos?

2. *Cuantificación de la relación dosis-respuesta*:

2.1. Datos epidemiológicos

— ¿Qué modelos de dosis-respuesta han de utilizarse para extrapolar desde las dosis observadas a las dosis relevantes?

17. Véanse Shrader-Frechette (1991), Mayo (1991) y Cranor (1994 y 1997).

2.2. Datos de bioensayos

— ¿Qué modelos matemáticos han de utilizarse para extrapolar desde las dosis experimentales a las exposiciones de seres humanos?

— ¿Han de extrapolarse las relaciones dosis-respuesta de acuerdo con las mejores estimaciones o de acuerdo con el límite superior de confianza?

Estas indeterminaciones se salvan mediante decisiones metodológicas que se concretan en la elección de reglas de inferencia, determinando en una parte importante el resultado final de un proceso de evaluación de riesgos (López Cerezo y Luján, 2000, cap. 6). Dependiendo en cada caso concreto de las reglas de inferencia utilizadas (elecciones metodológicas), se aumentará el número, bien de falsos negativos, bien de falsos positivos. Es imposible minimizar ambos tipos de errores sin modificar el tamaño de la muestra. Minimizar uno u otro tipo de errores es una decisión normativa con obvias consecuencias sociales, pues conduce claramente a regulaciones más restrictivas o más permisivas respecto a exposiciones o actividades de riesgo. Aumentar el tamaño de la muestra, cuando sea posible, es la otra opción. Pero entonces entran en consideración cuestiones relativas a los costes sociales (económicos) de las investigaciones sobre ese riesgo concreto, puesto que esos recursos podrían utilizarse en otras investigaciones también socialmente relevantes (además del retraso generado en una toma de decisión reguladora, con potenciales efectos negativos para la salud).

Desde un punto de vista filosófico se plantea en la evaluación de riesgos una cuestión de gran interés: el posible conflicto entre valores epistémicos y valores no epistémicos (relativos en este caso a la protección del ambiente y la salud pública). La precisión en los resultados de las investigaciones es valorada positivamente por parte de la comunidad científica. En un estudio sobre toxicidad, este valor epistémico se traduce metodológicamente en intentar evitar los falsos positivos. Esta estrategia metodológica, dependiendo de las circunstancias, puede resultar socialmente más costosa que su contraria, a saber, minimizar falsos negativos. Por lo tanto, como Cranor (1997) ha señalado, cuando se necesitan estudios estadísticos para proporcionar evidencia sobre la toxicidad de alguna sustancia, las decisiones sobre el tamaño de la muestra, los costes de los experimentos y el grado de precisión son decisiones normativas que influyen en la propia concepción y diseño de la investigación.

Frente a este problema, Cranor afirma lo siguiente:

> El aspecto más importante es que, al realizar investigaciones con el propósito de proteger la salud pública, las normas respecto a la evi-

> dencia no sólo deben basarse en las disciplinas científicas en cuestión, sino también en los objetivos superiores de proteger la salud pública (los costes de los falsos negativos para la comunidad). Un compromiso unívoco con las normas evidenciales internas a una rama de ciencia académica, como la toxicología, la biología, la farmacología, o la epidemiología parece injustificado y quizás descaminado en tales contextos. Necesitamos normas evidenciales y de decisión más complejas para la investigación sobre la salud pública que para la investigación análoga en una ciencia básica o pura. En caso contrario nos arriesgamos a imponer a un público inocente las consecuencias de la falta de información, la incertidumbre, las muestras pequeñas y el escepticismo científico (Cranor, 1994, 184-185).

Se trata, en cualquier caso, de una situación característica de la ciencia reguladora en la gestión de la innovación tecnológica y la intervención ambiental; una situación para la que, desde luego, no pretendemos aquí ofrecer una fórmula general de resolución de conflictos. Nuestro objetivo aquí se ha limitado a poner de manifiesto la relevancia de los aspectos éticos y valorativos, y el interés filosófico de los mismos, en el ámbito de la regulación y las políticas públicas sobre la tecnología; así como en la investigación científica que suministra el conocimiento en el que se basan esas regulaciones y políticas.

Más allá de la retórica política que acompaña al discurso sobre la tecnología y el papel del conocimiento en el mundo contemporáneo, el impacto del cambio tecnológico sobre la economía, la política y la sociedad ha hecho de nuestro mundo un mundo también de riesgos e incertidumbre. Problemas cada vez más complejos asociados a la actividad tecnológica, y con repercusiones potencialmente más graves, tienen que ser afrontados con conocimiento incierto, con medios limitados y con la necesidad de tomar decisiones reguladoras inmediatas. Se trata de una tensión definitoria de la sociedad contemporánea: una tensión entre la necesidad de actuar y las restricciones del conocimiento. Es en este contexto donde la reflexión sobre la ética y los valores adquiere interés filosófico y una gran relevancia social.

## BIBLIOGRAFÍA

Beck, U. (1986), *La sociedad del riesgo*, Paidós, Barcelona.

Beck, U. (1994), «La reinvención de la política», en U. Beck, A. Giddens y S. Lash, *Modernización reflexiva*, Alianza, Madrid, 13-74.

Braun, E. y Wield, D. (1994), «Regulation as a Means for the Social Control of Technology»: *Technology Analysis & Strategic Management*, 6, 259-272.

Cranor, C. F. (1993), *Regulating Toxic Substances: A Philosophy of Science and the Law*, University Press, New York/Oxford.

Cranor, C. F. (1994), «Public Health Research and Uncertainty», en K. Shrader-Frechette (ed.), *Ethics of Scientific Research*, Rowman & Littlefield, Lanhan, 169-186.

Cranor, C. F. (1995), «The Social Benefits of Expedited Risk Assessment»: *Risk Analisis*, 15, 353-358.

Cranor, C. F. (1997), «The Normative Nature of Risk Assessment: Features and Possibilities»: *Risk: Health, Safety & Environment*, 8, 123-136.

Cranor, C. F. (2004), «Conocimiento experto y políticas públicas en las sociedades tecnológicas. En busca del apoyo científico apropiado para la protección de la salud pública», en J. L. Luján y J. Echeverría (eds.), *Ciencia y tecnología en la sociedad del riesgo*, Biblioteca Nueva, Madrid, 99-141.

Daniels, N. (1985), *Just Health Care*, Cambridge University Press, Cambridge.

Domènech, A. (1996), «Ética y economía de bienestar», en O. Guariglia (ed.), *Cuestiones morales*, Trotta/CSIC, Madrid, 191-222.

Douglas, M. (1985), *La aceptabilidad del riesgo según las ciencias sociales*, Paidós, Barcelona.

Funtowicz, S. O. y Ravetz, J. R. (1990), «Post-Normal Science: A New Science for New Times»: *Scientific European*, 169: 20-22.

Funtowicz, S. O. y Ravetz, J. R. (1993), *La ciencia posnormal*, Icaria, Barcelona.

Funtowicz, S. O. y Ravetz, J. R. (1997), «Problemas ambientales, ciencia postnormal y comunidades de evaluadores extendidas», en M. I. González *et al.* (eds.), *Ciencia, tecnología y sociedad: lecturas seleccionadas*, Ariel, Barcelona, 151-160.

Jasanoff, S. (1987), «Biology and the Bill of Rights: Can Science Reframe the Constitution?»: *American Journal of Law and Medicine*, 13, 249-289.

Jasanoff, S. (1990), *The Fifth Branch. Science Advisers as Policymakers*, Harvard University Press, Cambridge (Mass).

Jasanoff, S. (1995), «Procedural Choices in Regulatory Science»: *Technology in Society*, 17, 279-293.

Jordana, J. y Levi-Faur, D. (2004), «The Politics of Regulation in the Age of Governance», en J. Jordana, y D. Levi-Faur (eds.), *The Politics of Regulation. Institutions and Regulatory Reforms for the Age of Governance*, Edward Elgard, Cheltenham, 6-28.

Leonard, H. B. y Zeckhauser, R. J. (1986), «Cost-Benefit Analysis Applied to Risks: Its Philosophy and Legitimacy», en D. MacLean (ed.), *Values at risk*, Rowman & Allanheld, Totowa (NJ), 31-48.

Little, I. M. D. (2002), *Ethics, Economics & Politics. Principles of Public Policy*, Oxford University Press, New York.

López Cerezo, J. A. y González García, M. I. (2002), *Políticas del bosque*, Cambridge University Press/OEI, Madrid.

López Cerezo, J. A. y Luján, J. L. (2000), *Ciencia y política del riesgo*, Alianza, Madrid.

López Cerezo, J. A. y Martín Gordillo, M. (2002), «Evaluación de tecnologías en contexto social», en J. M. de Cózar (ed.), *Tecnología, civilización y barbarie*, Anthropos, Barcelona, 336-358.

Luján, J. L. (2005), «Metascientific Analysis and Methodological Learning in Regulatory Science», en W. J. González (ed.), *Science, Technology and Society: A Philosophical Perspective*, Netbiblo, A Coruña, 83-105.
Luján, J. L. y López Cerezo, J. A. (2003), «La dimensión social de la tecnología y el principio de precaución»: *Política y Sociedad*, 40, 53-60.
Luján, J. L. y López Cerezo, J. A. (2004), «De la promoción a la regulación. El conocimiento científico en las políticas públicas de Ciencia y Tecnología», en J. L. Luján y J. Echeverría (eds.), *Ciencia y tecnología en la sociedad del riesgo*, Biblioteca Nueva, Madrid, 26-39.
Luján, J. L. y Todt, O. (2002), «Dinámica de la precaución. Sobre la influencia de los conflictos sociales en la regulación de los OGMs», en E. Iáñez, (ed.), *Plantas transgénicas: de la ciencia al derecho*, Comares, Granada.
Mayo, D. G. (1991), «Sociological versus Metascientific Views of Risk Assessment», en D. Mayo y R. D. Hollander (eds.), *Acceptable Evidence: Science and Values in Risk Management*, Oxford University Press, Oxford, 249-280.
National Research Council [Estados Unidos] (1983), *Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process*, National Academy Press, Washington D. C.
National Research Council [Estados Unidos] (1996), *Understanding risk. Informing decisions in a democratic society*, National Academy of Sciences, Washington D. C.
Perrow, C. (1984), *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*, Basic Books, New York.
Rawls, J. (1971), *Teoría de la Justicia*, FCE, México.
Rescher, N. (1983), *Risk: A Philosophical Introduction to the Theory of Risk Evaluation and Management*, University Press of America, Lanham.
Rodríguez Alcázar, J. (2004), «Normatividad en filosofía de la ciencia: el caso de la ciencia reguladora»: *Theoria*, 19/50, 173-190.
Sánchez, J. M. y De Santiago, R. (1998), *Utilidad y bienestar. Una historia de las ideas sobre utilidad y bienestar social*, Síntesis, Madrid.
Scanlon, T. M. (1999), *What We Owe to Each Other*, Harvard University Press, Cambridge (trad. esp.: *Lo que nos debemos unos a otros*, Paidós, Barcelona, 2003).
Sen, A. (1987), *Sobre ética y economía*, Alianza, Madrid.
Sen, A. (1999), *Desarrollo y libertad*, Planeta, Barcelona.
Shrader-Frechette, K. (1980), «Technology Assessment as Applied Philosophy of Science»: *Science, Technology, & Human Values*, 6, 33-50.
Shrader-Frechette, K. (1991), *Risk and Rationality: Philosophical Foundations for Populist Reforms*, University of California Press, Berkeley.
Shrader-Frechette, K. (1992), «Technology and Ethical Issues», en K. Shrader-Frechette, y L. Westra (eds.) (1992), 25-32.
Shrader-Frechette, K. (1994), *Ethics of Scientific Research*, Rowman & Littlefield, Lanham.
Shrader-Frechette, K. y Westra, L. (eds.) (1992), *Technology and Values*, Rowman & Littlefield, Lanham.

Sunstein, C. R. (2002), *Riesgo y razón. Seguridad, ley y medioambiente*, Katz, Buenos Aires.
Taurek, J. (1977), «Should the Numbers Count?»: *Philosophy and Public Affairs*, 6, 293-316.
Tesh, S. N. (2000), *Uncertain Hazards. Environmental Activists and Scientific Proof*, Cornell University Press, Ithaca (NY).
Tickner, J. A. (1999), «A Map Toward Precautionary Decision Making», en C. Raffensperger y J. A. Tickner (eds.), *Protecting Public Health & The Environment. Implementing the Precautionary Principle*, Island Press, Washington, 162-186.
Todt, O. y Luján, J. L. (1997), «Labeling of Novel Foods, and Public Debate»: *Science & Public Policy*, 24, 319-326.
Todt, O. y Luján, J. L. (2000), «Spain: Commercialization Drives Public Debate and Precaution»: *Journal of Risk Research*, 3, 237-245.
Todt, O. y Luján, J. L. (2008), «A new social contract for technology? – On the policy dynamics of Uncertainty»: *Journal of Risk Research*, 11, 509-523.
Weinberg, A. M. (1970), «Science and Trans-science»: *Minerva*, 10, 209-222.
Ziman, J. (1998), *¿Qué es la ciencia?*, Cambridge University Press, Madrid.

# LA PARTICIPACIÓN DEL PÚBLICO EN LAS DECISIONES CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS

*Eduard Aibar*

## 1. INTRODUCCIÓN

Una de las cuestiones que ha copado mayor interés en los últimos años en el ámbito de las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad, es la participación del público en las decisiones científico-tecnológicas. En general, existe una preocupación creciente en diversos contextos políticos y sociales respecto a la necesidad de encontrar nuevos mecanismos y métodos que puedan favorecer la participación del público en la gobernanza de la ciencia y la tecnología. Se habla, en este sentido, de perspectivas más inclusivas, deliberativas, pluralistas, reflexivas o participativas que fomenten la transparencia y el carácter abierto de las decisiones científico-tecnológicas.

La idea de que la toma de decisiones en el ámbito de la ciencia y la tecnología debe ser profundamente modificada de forma que permita la participación efectiva del público, no sólo se ha extendido entre diferentes movimientos y organizaciones sociales, sino que también se ha impuesto, mayoritariamente, entre los investigadores y los círculos académicos que analizan las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, particularmente, en los *estudios de ciencia y tecnología*[1]. Su impacto en los Gobiernos y en las instituciones públicas ligadas a la Administración es, sin embargo, mucho más limitado, aunque en algunos contextos, como la Unión Europea y los Estados Unidos, la legislación reciente obliga a obtener información sobre la opinión del público antes de tomar decisiones en ciertas áreas que se consideran

1. *Science and Technology Studies* (en adelante, STS). Para una excelente recopilación de trabajos en este ámbito interdisciplinario, véase Hackett *et al.* (2008).

de particular interés social, «como la situación de un cementerio de deshechos nucleares o el establecimiento de prioridades en la prevención de riesgos medioambientales» (Rowe y Frewer, 2000).

En el caso de la Unión Europea se ha reconocido explícitamente la necesidad de crear más oportunidades para la participación social en las decisiones tecnocientíficas que dependen de las administraciones públicas de los países de la unión. En particular, se han elaborado directrices para: *a*) fomentar la inclusión del público y de los actores afectados en aquellos foros en que se discute o transmite el conocimiento científico experto implicado en cuestiones tecnocientíficas; *b*) obligar a la publicación de los informes de expertos que son utilizados para justificar o informar los procesos de decisión; *c*) promover los mecanismos de participación necesarios para favorecer el escrutinio público y el debate en torno a este tipo de cuestiones; y *d*) «establecer plataformas híbridas en que puedan interactuar de forma permanente y efectiva miembros del público, políticos y expertos científicos» (Gerold y Liberatore, 2001).

En el caso de los Estados Unidos, algunas de estas prácticas han sido también incorporadas en el funcionamiento ordinario de la Administración. Todas las agencias federales están obligadas por ley a involucrar al público en los procesos de regulación o toma de decisiones, como mínimo ofreciendo información acerca de las normativas que se pretenden impulsar y recabando sus opiniones al respecto. En la Ley sobre Investigación y Desarrollo en Nanotecnología, por ejemplo, aprobada por la administración Bush en 2003, se requería explícitamente integrar al público y sus opiniones en el programa a través de discusiones abiertas y mecanismos de participación, como «paneles de ciudadanos, conferencias de consenso» y diversas acciones educativas (Evans y Plows, 2007).

## 2. BREVE HISTORIA DE LA PARTICIPACIÓN

Cuando se plantea actualmente la cuestión de la participación del público en la ciencia y la tecnología, el elemento central de la discusión es la forma en que los ciudadanos, legos o simplemente no científicos, pueden integrarse en las decisiones de carácter político —normalmente de tipo regulativo— relacionadas con la ciencia y la tecnología. A pesar de su actualidad, sin embargo, éste no ha sido siempre ni mucho menos un tema candente en la agenda social y política. La efervescencia contemporánea alrededor de la participación es, en gran parte, el resultado de un proceso histórico que cristaliza con la tematización

explícita del problema durante las décadas de los setenta y ochenta del siglo XX.

Siguiendo la periodización de Lengwiller (2008), es posible establecer cuatro etapas históricas en la relación entre ciencia, política y conocimiento no experto. En una primera etapa que abarca hasta la Primera Guerra Mundial, la cuestión de la participación del público no experto en la ciencia, simplemente, no se planteaba. Por un lado, los esfuerzos iban encaminados, más bien, a establecer una frontera lo más clara y marcada posible entre el conocimiento científico y la religión u otras formas de conocimiento o saber consideradas no científicas, aunque abrazadas por amplios sectores de la población. A pesar de ello, la ciencia buscaba, simultáneamente, una mayor legitimidad social mediante el apoyo del público a través de diversas formas de *popularización* de los hallazgos científicos y las innovaciones tecnológicas. Es la época dorada de las grandes exposiciones universales y los museos, así como del surgimiento de sociedades dedicadas a la divulgación de la ciencia.

En general, puede afirmarse que durante el siglo XIX las fronteras entre ciencia y política se mantuvieron bastante laxas y que muchos científicos importantes desempeñaban un papel híbrido moviéndose con soltura de un ámbito a otro. Tanto la mayoría de científicos sociales como muchos naturales, por ejemplo, presentaban a menudo sus intereses y resultados científicos envueltos en un discurso explícitamente político en el que enfatizaban abiertamente sus implicaciones sociales o destacaban la voluntad positiva de transformar determinados aspectos de la vida social. Paralelamente, numerosos activistas sociales o políticos fundamentaban y legitimaban sus programas sociales en base a las aportaciones de la ciencia o la tecnología del momento. En uno u otro caso, el carácter híbrido de estas posiciones acabó marcando las biografías y carreras profesionales de muchos científicos. Los vínculos entre el positivismo de Comte y el socialismo utópico de Saint-Simon, la base política de los fundadores de la moderna estadística, o los principios de la Escuela de Chicago de sociología, son ejemplos paradigmáticos de esta situación. Quizás porque los propios científicos hacían incursiones frecuentes y dinámicas en el terreno de la política, actuando simultáneamente como científicos y como ciudadanos o incluso políticos, la cuestión de cómo aumentar la participación del público en la ciencia apenas se planteó.

Hasta la Primera Guerra Mundial, el mundo académico estuvo marcado fundamentalmente por el florecimiento de las universidades y las escuelas politécnicas, y por la creciente profesionalización de la medicina y el derecho; ambos procesos agudizaron la separación

entre el conocimiento científico experto y los legos. En el terreno de las ciencias sociales se instauró con solidez la idea de que las afirmaciones factuales científicas debían distinguirse claramente de los enunciados valorativos o normativos propios del ámbito político. A su vez, este progresivo proceso de diferenciación entre la ciencia, la política y el público, generó, en el período de entreguerras, un cierto movimiento que intentaba promover una mejor integración entre estas instituciones, sin dejar de considerarlas entidades claramente separadas. Tras la Primera Guerra se produjeron, por ejemplo, algunas críticas, desde la opinión pública, a la participación de científicos alemanes y británicos en el desarrollo de armas químicas de destrucción masiva durante el conflicto bélico; por primera vez en la historia, algunos comenzaron a plantearse seriamente la necesidad de someter a escrutinio público las actividades de las instituciones dedicadas a la investigación científica y al desarrollo tecnológico.

Estas críticas generaron en algunos casos una reacción conservadora o, incluso, elitista por parte de algunos sectores de la comunidad científica, preocupados por la creciente politización y militarización de la ciencia y la tecnología durante el conflicto bélico. En el caso de Alemania, por ejemplo, un numeroso grupo de científicos de élite encabezó un movimiento de oposición antidemocrática a los sucesivos gobiernos social-demócratas de la República de Weimar. A escala más global, sin embargo, se extendió socialmente una visión fuertemente utilitaria de la ciencia que cristalizó en las políticas del *New Deal*, por un lado, y en la creciente instrumentalización de la ciencia y la tecnología en la economía planificada de la Unión Soviética.

Esta tendencia a la planificación social y la tecnocracia por parte de las administraciones públicas condujo, durante el período de entre guerras, a una mayor politización de la ciencia, un proceso que fue bienvenido por numerosos científicos situados preferentemente en la izquierda política y que demandaban de forma explícita una radicalización política de la ciencia. Durante la década de los treinta, diversas asociaciones científicas de corte socialista, entre las que destacaron la British Association of Scientific Workers o el denominado movimiento «Ciencia y Sociedad» en el Reino Unido y los Estados Unidos, defendieron la necesidad de avanzar hacia una mayor democratización de la ciencia. John Bernal (1901-1971), físico y miembro del Partido Comunista hasta 1933, fue uno de los abanderados de este movimiento y su famosa obra *The Social Function of Science* (1939), se convirtió en un texto clásico para estos enfoques progresistas. En Estados Unidos, grandes científicos como Robert Oppenheimer o Franz Boas también dieron apoyo, en sus orígenes, a este movimiento.

En pocas palabras, este movimiento consideraba el sistema científico como un producto de la sociedad burguesa capitalista, incapaz como tal de dar una respuesta justa al progreso social y económico, y de aconsejar convenientemente a los Gobiernos en la planificación de políticas públicas sociales y tecnológicas. Se establecía un vínculo directo entre el ámbito político y el científico, puesto que el sistema científico era visto como dependiente del contexto político-económico, una dependencia que, dada la coyuntura existente, impedía que la misión social de la ciencia pudiera desarrollarse hacia un mayor bienestar colectivo y un aumento de la justicia social. El movimiento, sin embargo, se resintió enormemente de la polarización del mundo en dos bloques tras la Segunda Guerra Mundial, y perdió a partir de entonces toda su influencia, aunque ayudó a cimentar las bases para una política científica de carácter mucho más intervencionista tras la guerra.

El tercer período, que se abre en 1945, puede dividirse en dos fases. Hasta principios de los setenta, la política científica de los países desarrollados se basó principalmente en el denominado *contrato social de la ciencia*, en que las relaciones entre ciencia y política se guiaban por el principio de la «delegación ciega». Básicamente, el sistema político otorgaba a la ciencia una autonomía casi absoluta en su autorregulación (principalmente, en términos de la distribución y uso de los recursos públicos que se le asignaban y en el establecimiento de los controles internos de calidad pertinentes), mientras que se impedía una excesiva instrumentalización de la ciencia, tal como ocurría en el régimen soviético. El modelo de la *ciencia básica* caracterizo este período y, aunque a partir de finales de los cincuenta, los países de la OCDE comenzaron a aumentar enormemente el gasto público en I+D y durante las dos décadas subsiguientes se crearon numerosas instituciones de investigación aplicada, la ciencia básica continuó siendo un ámbito relativamente autónomo y autoorganizado. Durante este período, las propuestas de ampliación de la participación del público en la política científica fueron escasas.

A finales de los sesenta comienza una nueva fase que, sin duda, representa la eclosión definitiva de la cuestión de la participación. Por un lado, durante las décadas de los setenta y ochenta se produce una crisis importante del modelo imperante en política científica, resultado de algunos escándalos públicos producidos por errores de calibre en los mecanismos de autorregulación y de una disminución considerable de la confianza del público en la experticia científica y en la política científica. Pero el factor más decisivo en está nueva etapa, que ha sido denominada la época de la *relevancia social* de la ciencia y la tecnología, fue, sin duda, la emergencia de diversos movimientos sociales que

situaron la tecnología en el centro de sus mensajes reivindicativos o críticos: el movimiento antinuclear, el ecologista y el feminista, principalmente.

Este nuevo ambiente social produjo en la década de los setenta los primeros ejercicios de participación en la política científica y tecnológica, en campos como la política ambiental, la biotecnología y la energía nuclear. Es el momento en que surge la denominada *evaluación de tecnologías*: en un primer momento, algunos procesos políticos de decisión se abrieron para incorporar opiniones científicas diferentes o divergentes y, más adelante, los puntos de vista de ciudadanos no expertos. Las primeras *conferencias de consenso* tuvieron lugar en los Estados Unidos a mediados de los setenta y pronto se extendieron a algunos países europeos. Más recientemente, la influencia de determinados grupos de afectados (las asociaciones de enfermos de sida, son un ejemplo paradigmático) ha logrado reorientar las prácticas de investigación imperantes en diversos campos de la medicina. Desde los noventa, de hecho, las experiencias de participación han proliferado en otros ámbitos de investigación de origen más reciente (las telecomunicaciones, la ingeniería genética, la nanotecnología o la investigación sobre el cambio climático) y, en el caso de Europa, han llegado a influir decisivamente en las políticas y directivas europeas, así como en las estrategias de investigación de los últimos programas marco.

## 3. EL PROBLEMA DE LA LEGITIMACIÓN

En el ámbito de los estudios de ciencia y tecnología, la cuestión de la participación del público no experto en las decisiones científico-tecnológicas, ha sido un tema estrella durante los últimos años. En lo que ha sido denominado por Sheila Jasanoff (2003) el «giro participativo» en los STS, se han elaborado numerosos estudios y trabajos que, en una primera fase, se dedicaron principalmente a explorar y discutir la necesidad de abrir los procesos de decisión a la participación del público y hacerlos, por tanto, más democráticos y transparentes, mientras que más recientemente, han dado lugar a trabajos de carácter más empírico que intentan analizar casos reales de participación, evaluando sus pros y contras. Los debates giran ahora sobre las formas, amplitud, alcance y eficacia de los diferentes procesos y mecanismos de participación que han sido propuestos o ensayados.

¿En qué sentido los resultados de los estudios STS han sido utilizados para apoyar los argumentos en pro de la participación? Por un lado, desde los STS se ha construido una nueva imagen de la innova-

ción tecnológica en la que ésta aparece más como un vector que como una cantidad escalar (Stirling, 2008). Incluye, por tanto, una propiedad normativa, notoria pero a menudo olvidada: la dirección. Además, los estudios STS han mostrado que la forma y orientación que toman la ciencia y la tecnología en cada momento no son inevitables ni necesarias. Lejos de seguir una trayectoria unidireccional o autónoma, el desarrollo de la ciencia y la tecnología es un proceso fundamentalmente contingente expuesto a continuas disyuntivas y cambios de dirección. Factores como las prioridades económicas, los valores culturales, los intereses institucionales o las negociaciones entre agentes sociales implicados pueden influir decisivamente en su desarrollo.

Si la evolución de la ciencia y la tecnología responde ya, por su propia naturaleza, a ese proceso continuo de interacción entre elementos heterogéneos, en que desempeñan un papel importante factores considerados tradicionalmente como sociales, culturales o políticos, no hay razón a priori para que dicha dinámica no pueda responder a criterios de transparencia y deliberación más democráticos y, por tanto, a procedimientos de discusión sistemáticos. En general, los STS y algunas subáreas afines de investigación, como la *comprensión pública de la ciencia*, apoyan, mediante argumentos epistemológicos y ontológicos, que la exposición a públicos más amplios (y, por tanto, a otras formas de conocimiento, de valores y de culturas) puede contribuir a crear una ciencia no sólo más democrática, sino también más sólida e inteligente (Chilvers, 2008).

De hecho, con objeto de intentar mejorar o reconstruir las relaciones actuales entre ciencia, tecnología y sociedad, algunos especialistas notorios en STS han adoptado una posición claramente normativa. Nowotny *et al.* (2001), por ejemplo, destacan la necesidad de conseguir una ciencia más *robusta socialmente*: una ciencia que produzca, simultáneamente, un conocimiento más democrático y con más garantías técnicas. Se habla, en ese sentido, de una nueva configuración social en la que la investigación científica esté mucho más integrada en la sociedad y dé lugar a formas socialmente más robustas de producción de conocimiento.

Es posible distinguir, en esta línea, dos estilos opuestos en la toma de decisiones científico-tecnológicas: el modelo tradicional de *confrontación técnica* y el de *colaboración participativa*, por el que abogan las nuevas propuestas (Futrell, 2003). El primero se caracteriza por el principio de que las cuestiones técnicas deben ser competencia exclusiva de los expertos; las autoridades políticas, por su parte, deben encargarse de educar al público para que sus percepciones se alineen con las de los expertos. En el modelo de colaboración participativa,

en cambio, se espera que la colaboración creciente entre expertos y ciudadanos contribuya a producir decisiones que sean no sólo políticamente más viables, sino técnicamente más sólidas.

Pero a pesar del relativo acuerdo sobre la necesidad de extender el dominio de los procedimientos democráticos al terreno de la ciencia y la tecnología, las incógnitas sobre la naturaleza y el alcance de la participación pública son aún muchas. Siguiendo la terminología propuesta por Collins y Evans (2002), en la cuestión de la participación en las decisiones científico-tecnológicas es necesario distinguir dos problemas distintos. Por un lado, tenemos el problema de la *legitimidad*, es decir, la cuestión de si resulta pertinente, legítimo o adecuado que, para tomar decisiones sobre temas tecnológicos o científicos en el dominio público (cuestiones sobre si, por ejemplo, debe prohibirse el consumo de alimentos transgénicos, si deben establecerse limitaciones o controles sobre las redes sociales en internet, si deben construirse nuevas centrales nucleares, o si hay que reducir y cómo las emisiones de $CO_2$), puedan intervenir en el proceso otras opiniones que las de los expertos científicos y tecnológicos. Por otro lado, se plantea el problema de la *extensión*: el problema de determinar hasta qué punto debe extenderse dicha participación.

Como hemos visto, el problema de la legitimidad puede considerarse, en lo fundamental, resuelto. Si atendemos a los resultados de la mayor parte de estudios en ciencia, tecnología y sociedad desarrollados en las últimas décadas, la intervención del público en este ámbito es, a todas luces, legítima desde un punto de vista social y político (Evans y Plows, 2007). Por un lado, se trata de cuestiones que en muchos casos involucran, en último término, aspectos y decisiones que van más allá de la propia experticia tecnocientífica o que, como mínimo, la sitúan en un contexto especialmente problemático. En ese sentido, las características propias del conocimiento científico que suele estar involucrado en estos temas y episodios de controversia pública responden a un modelo diferente del que usualmente se asocia a la investigación científica ordinaria; un modelo que ha sido bautizado de diversas formas en los últimos años: *ciencia regulativa*, *ciencia por mandato* o *ciencia posnormal*.

## 4. CIENCIA REGULATIVA

A diferencia de lo que ocurre en las actividades científicas ordinarias, en la *ciencia por mandato* los científicos reciben en muchas ocasiones un encargo explícito, por parte del Estado o de otro tipo de institu-

ciones, para evaluar una situación de supuesto riesgo, de forma que su dictamen pueda ser utilizado para desarrollar medidas políticas o regulativas sobre el uso o comercialización de una tecnología o una sustancia (Salter, 1988). Sheila Jasanoff (1990) propone los conceptos de *ciencia políticamente relevante* o de *ciencia regulativa*[2] para describir este tipo de ciencia, presente principalmente en los informes y opiniones emitidos desde comités de expertos creados ex profeso para resolver cuestiones polémicas, o en el seno de organismos gubernamentales diseñados, explícitamente, para intervenir en cuestiones científico-tecnológicas que requieran intervención pública.

El análisis de Jasanoff muestra la dificultad de separar el componente científico del político en el contexto de la ciencia regulativa (1990, 16). Su estudio minucioso de numerosas controversias en los Estados Unidos y Europa, muchas de las cuales han alcanzado en uno u otro momento de su desarrollo los tribunales de justicia, indica que los comités de expertos o los grupos de asesores científicos de una institución o departamento gubernamental rara vez restringen sus deliberaciones a los elementos puramente técnicos o científicos de la cuestión. Funtowicz y Ravetz (1993), por su parte, utilizan un concepto relacionado, el de *ciencia posnormal,* para referirse a aquellas ciencias, altamente propensas a controversias públicas, por ejemplo, las ciencias medioambientales, en las que, mientras que los intereses en juego son muy importantes, las incertidumbres por lo que respecta a los conocimientos científicos disponibles son enormes.

Un primer rasgo importante de la ciencia regulativa que puede extraerse de este tipo de análisis es la ausencia, parcial o total, de algunos de los mecanismos de *control de calidad* que operan habitualmente en la ciencia normal. En este sentido, mientras que la *credibilidad* de los resultados científicos normales está avalada, entre otros elementos, por el sistema de *revisión por pares* (*peer review*) de las publicaciones y por el escrutinio posterior de los resultados por parte de otros investigadores (que, por lo tanto, pueden intentar reproducir los experimentos descritos, y poner a prueba los datos y conclusiones publicadas), ambos procedimientos no suelen darse en la ciencia regulativa, cuyos resultados no se someten, por lo general, al sistema de revisión por pares e incluso, en ocasiones, ni siquiera se publican, puesto que se mantienen en secreto por parte de las instituciones gubernamentales que los han encargado.

En segundo lugar, mientras que la ciencia normal suele llevarse a cabo con una cierta *independencia* del uso futuro que pueda hacer-

2. Jasanoff relaciona este concepto con el de *transciencia*, acuñado por Weinberg.

se de sus resultados, la ciencia regulativa no goza de ese «privilegio» por definición: sus resultados están a priori producidos con objeto de conducir a acciones regulativas o políticas. Los científicos que participan en estos procesos de evaluación o consultoría son a menudo conscientes de que sus decisiones favorecerán a ciertos grupos sociales o instituciones mientras que perjudicaran a otros.

Otro elemento característico y crucial de la ciencia regulativa reside en el hecho de que el ritmo de las decisiones en el terreno político es más rápido que el de la formación del consenso en las comunidades científicas (Collins y Evans, 2002, 241). Ello implica que muchas de las decisiones públicas sobre temas relacionados con la ciencia y la tecnología (prohibir una sustancia empleada por la industria alimentaria, por ejemplo), deban tomarse antes de que los científicos se pongan de acuerdo (sobre el nivel de riesgo para la salud de sus consumidores). En muchos casos en que se encomienda a los expertos la elaboración de un informe o un dictamen, no se les suele pedir que expongan conocimientos aceptados o plenamente solidificados, sino que, en la mayoría de los casos, se les consulta en situaciones de gran *incertidumbre* en que *todavía* no existe un consenso científico amplio, bien porque no toda la información relevante está disponible, bien porque los procedimientos para analizar los datos y evaluar la evidencia empírica no han podido establecerse aún.

Además, la ciencia regulativa se desarrolla en un contexto, político y, en muchas ocasiones, legislativo o jurídico —en que la *incertidumbre* es menos soportable y admisible que en la ciencia normal (donde los científicos están acostumbrados a convivir prácticamente siempre con un cierto grado de incertidumbre respecto a sus resultados e hipótesis)—. El entorno de la ciencia regulativa ejerce, por consiguiente, una presión tácita considerable para que los científicos minimicen aquellas partes de sus informes sujetas a mayor indeterminación.

La necesidad pragmática de tomar decisiones políticas o judiciales no es, sin embargo, el único factor que favorece el encubrimiento de la incertidumbre. El papel esencial que los organismos gubernamentales han conferido a la ciencia como recurso legitimador en la toma de decisiones ha hecho que los informes o dictámenes invocados por las autoridades con tal propósito sean automáticamente puestos en tela de juicio por determinados agentes sociales. El resultado es que los mismos científicos e ingenieros a menudo reaccionan, frente a las críticas o dudas externas, exagerando la seguridad que tienen sobre sus propias conclusiones, o presentando lo que a veces son resultados provisionales como juicios concluyentes. En cierto modo, los científicos

se sienten obligados a satisfacer la imagen social de total seguridad y certeza que se espera de sus productos u opiniones.

El estudio social de la ciencia y la tecnología muestra, en resumen, que, dado que las decisiones científico-tecnológicas tomadas desde este tipo de estructuras tecnocráticas no son, a menudo, en absoluto *neutrales* y resultan, en cambio, *cargadas de valores*, no hay ninguna razón para impedir que tales decisiones se trasladen a un debate político *explícito* en el que las cuestiones axiológicas pueden ser tratadas de forma abierta y directa.

## 5. EL PROBLEMA DE LA EXTENSIÓN

El segundo aspecto de la cuestión de la participación del público en la toma de decisiones tecnológicas lo constituye el *problema de la extensión*: ¿Hasta qué punto debe extenderse la participación del público en estas decisiones? En otras palabras, «¿debe maximizarse la legitimidad política de las decisiones técnicas en el dominio público sometiéndolas a procedimientos democráticos lo más amplios posible, o deben basarse dichas decisiones en el mejor consejo experto disponible?» (Collins y Evans, 2002, 235).

El problema de la extensión es un reflejo de la tensión entre dos inquietudes distintas y ampliamente aceptadas: por un lado, la voluntad de involucrar al público en las decisiones que le afectan y, por otro, la necesidad de tomar decisiones basadas en conocimiento científico *antes* de que los científicos mismos hayan alcanzado un consenso sólido[3]. Si la participación se extiende al máximo, involucrando, por ejemplo, a miembros del público con escasa formación o con información poco fiable, el peligro de la ineficacia y el de la parálisis tecnológica o práctica resulta evidente. Pero si, siguiendo las directrices de los modelos tecnocráticos, el peso de las decisiones se pone exclusivamente en los expertos, la oposición social, tal y como la historia nos muestra, está garantizada y el conflicto asegurado.

Esta tensión se vive, por cierto, de forma especialmente angustiosa desde las comunidades técnicas y científicas. Cada vez que se plantea la posibilidad de incorporar a «legos» en los procesos de decisión, son muchos los científicos y tecnólogos que manifiestan su inquietud ante el asunto. Temen que, a pesar de la saludable voluntad de ampliar los pro-

3. Una cuestión diferente de la que según Collins y Evans (2002) caracteriza la mayor parte de los análisis de la *segunda ola* de los estudios de ciencia y tecnología: ¿Cómo se forma el consenso entre los científicos?

cesos de decisión, ello acabe constituyendo un obstáculo para los proyectos en que trabajan.

Es interesante destacar que los teóricos de la Modernidad reflexiva, tales que Ulrich Beck y Anthony Giddens, aunque en algunos casos plantean, adaptándolo a sus marcos teóricos, el problema de la legitimidad, no llegan a formular de forma explícita el problema de la extensión, ni pueden, por ello, acometer su solución. Giddens (1990, 124 ss.), por ejemplo, ha planteado reiteradamente el problema de la identidad que surge como consecuencia de la profunda erosión contemporánea de las instituciones tradicionales. La progresiva desvinculación de los individuos respecto a estas instituciones tiene como efecto una privatización creciente de la identidad que se convierte en el producto de una serie de elecciones individuales. En el terreno de la ciencia, este proceso se traduce en la proliferación, tanto de la experticia como de la contraexperticia y, consecuentemente, en la necesidad de elegir continuamente qué fuentes se consideran más fiables. La emergencia de movimientos sociales alternativos que definen nuevos espacios en los que la identidad puede reconfigurarse constituye una consecuencia de ello. Para este tipo de autores, la solución es la de incorporar estos movimientos alternativos, bajo diferentes estrategias, en las instituciones de gobierno. Queda, sin embargo, por aclarar hasta qué punto debe materializarse dicha incorporación, es decir, hasta qué nivel de las decisiones es posible o deseable llevarla a cabo.

No hay que equiparar, sin embargo, participación con representación: la inclusión de más actores externos en los procesos de decisión no implica necesariamente un sistema más igualitario o adecuado de representación. Los enfoques STS se caracterizan no por una asunción acrítica del principio de la participación, sino por un examen detallado de sus presupuestos y un análisis escrupuloso de los procesos de participación efectivos, así como de sus resultados. Lejos de sustentarse en la visión habermasiana de un espacio público igualitario en el que se fomenta el intercambio y la discusión libre, los estudios STS señalan que los procesos de participación no son inmunes a la existencia de jerarquías y relaciones de poder entre los actores implicados —diferencias que en muchos casos se derivan de posiciones asimétricas en los procesos de producción de conocimiento—[4]. Precisamente, estos autores, a diferencia de los enfoques STS, mantienen implícitamente, una oposición clásica y aproblemática entre legos y expertos que los sitúa muy próximos al denominado *modelo de déficit*: una perspec-

4. Para una crítica de las teorías de la Modernidad reflexiva desde los estudios de ciencia y tecnología, puede consultarse Wynne (1996).

tiva que, curiosamente, es utilizada con frecuencia para justificar la imposibilidad de la participación.

El modelo de déficit[5] descansa en el supuesto básico de que el público presenta una carencia cognitiva, más o menos acusada, por lo que respecta al conocimiento científico. Los estudios sobre el grado de *alfabetización científica* de la población, desarrollados desde los análisis de la comprensión pública de la ciencia, intentan, en este contexto, medir la magnitud de esa carencia. En muchos casos, además, esta perspectiva se utiliza para interpretar la resistencia pública hacia una tecnología como simple consecuencia de su falta de comprensión de los hechos científicos relevantes.

No hay que olvidar, además, que la tradicional visión determinista, internalista y lineal del progreso científico y tecnológico, continúa siendo predominante no sólo en el contexto académico, sino en el político. Los Gobiernos siguen justificando sus decisiones tecnológicas porque están basadas en «criterios científicos o técnicos», y el escepticismo o la crítica hacia determinadas tecnologías o proyectos se suele tildar de forma automática como de «posturas antitecnológicas» o de «miedos irracionales». Paradójicamente, en la actualidad conviven ambas tendencias de forma simultánea: mientras que los discursos en pro de la participación proliferan, aumenta el carácter cerrado y opaco de las decisiones tecnológicas, basadas en una concepción determinista y lineal de la innovación. Consecuentemente, el modelo de déficit se reintroduce en algunas iniciativas que promueven espacios de deliberación y participación (Chilvers, 2008).

## 6. TIPOS DE EXPERTICIA

Uno de los intentos más notorios de reconsiderar críticamente la distinción entre legos y expertos y, por ende, el modelo de déficit, tal y como se manifiesta en las discusiones sobre la extensión de la participación, es la teoría sobre la experticia propuesta recientemente por Collins y Evans (2007).

En el contexto de una ciencia básica como la física de partículas, la capacidad legítima para participar en una controversia viene dada, fundamentalmente, por la experiencia o experticia previa de un científico. Esa capacidad se demuestra por su habilidad para contribuir de forma relevante a los debates sobre un tema específico. Se trata de

5. Un tratamiento más extenso del modelo de déficit se ofrece en el capítulo 6 de Aibar y Quintanilla (2002).

una experticia que podemos denominar *contributiva*[6] y que no debe equipararse ni con la experticia científica en general, ni tan siquiera con la disciplinar. Un científico experto en física de partículas, aunque no en la cuestión de la detección de neutrinos, por ejemplo, un especialista en fuentes de iones, podría estar capacitado para *entender* los aspectos más relevantes del problema, incluso un periodista científico, un sociólogo o un filósofo de la ciencia podrían llegar a conseguirlo con un cierto esfuerzo, sin alcanzar, sin embargo, el nivel de experticia necesario para sugerir nuevos experimentos o discutir aspectos específicos de los ya realizados. Todos ellos tendrían, en ese sentido, experticia *interactiva*, aunque no contributiva. Podrían ser capaces de dialogar sobre el tema con los expertos, pero no podrían, en cambio, hacer contribuciones razonables sobre prácticamente ningún aspecto del problema.

Trasladándonos al ámbito público de las decisiones tecnológicas, esta distinción nos permite plantear el problema del tipo de experticia que pueden adquirir los miembros no expertos del público. En este sentido la mayor parte de estudios sobre controversias científico-tecnológicas públicas muestran que pocas controversias de este tipo plantean problemas tan difíciles o intrincados como para que el público *interesado* no pueda entenderlos o, por lo menos, hacerse una idea bastante aproximada de las cuestiones centrales, adquiriendo, por lo tanto, una cierta experticia interactiva.

Un ejemplo paradigmático en este sentido es el de los grupos de afectados por el sida en los Estados Unidos (Epstein, 1995). Algunos grupos de afectados por esta enfermedad, principalmente pertenecientes al colectivo homosexual, se esforzaron tremendamente y de forma sistemática en aprender el lenguaje científico, y todo aquello relevante sobre la metodología, problemas y limitaciones de los ensayos clínicos. Su experticia interactiva les permitió, finalmente, acabar dialogando directamente con los expertos científicos involucrados e influir, finalmente, en el diseño de los ensayos clínicos.

Existen, además, situaciones en que determinados grupos del público no científico pueden ser poseedores de conocimiento experto relevante, sin necesidad de haber desarrollado previamente un proceso de aprendizaje acelerado en ciencia o en tecnología. En un famoso estudio sobre la controversia en torno a los efectos de la contaminación radioactiva procedente de Chernobyl en la región de Cumbria, en Inglaterra, Wynne (1996) defiende la existencia de experticia re-

6. Este modelo normativo de la experticia se propuso por primera vez en Collins y Evans (2002).

levante no científica. Debido a la proximidad de la central nuclear de Windscale-Sellafield, los granjeros de Cumbria habían adquirido, a lo largo de muchos años, una gran experiencia en la ecología de las ovejas expuestas a sustancias radioactivas. La diferencia fundamental entre los científicos y los granjeros fue que la experticia de los primeros estaba certificada mediante acreditaciones académicas, mientras que la de los segundos únicamente se sustentaba en su propia experiencia práctica.

En cualquier caso, la observación de que el público, o sectores específicos de él, también puede tener conocimiento experto de origen no científico, que puede ser complementario, o rival en cuestiones concretas, al de los expertos certificados ha sido también señalada por otros especialistas (Yearley, 1999). Este tipo de conocimiento experto se debe, en muchos casos, al conocimiento que el público construye basándose en su experiencia continuada sobre las circunstancias locales en que desarrolla sus actividades, circunstancias que, por otro lado, resultan a menudo profundamente desconocidas o, como mínimo, de difícil acceso para la experticia científica.

## 7. GRUPOS EMERGENTES HUÉRFANOS O AFECTADOS

Un fenómeno que también resulta difícil tratar mediante la distinción tradicional entre legos y expertos, desde el punto de vista analítico, y mediante los mecanismos habituales de la democracia representativa, desde la vertiente política, es el de la creciente emergencia de grupos de afectados alrededor de iniciativas científico-tecnológicas específicas. Callon y Rabeharisoa (2008), en un estudio en el ámbito de la salud, aunque fácilmente extrapolable a otros campos de la tecnociencia, denominan a dichos colectivos grupos huérfanos o de afectados. En ambos casos, la emergencia de este tipo de grupos se considera una consecuencia de los vínculos cada vez más estrechos entre la tecnociencia y la dinámica de los mercados.

Según estos autores, debido a los retornos crecientes por producción y adopción, los agentes económicos suelen preferir invertir en tecnologías ya existentes a explorar opciones o vías alternativas. Dado que por ello se privilegian unas pocas opciones científicas y tecnológicas, una parte de la demanda y ciertas necesidades ni siquiera se tienen en cuenta. En esta situación, algunos grupos «huérfanos» intentan desarrollar o promover investigaciones que les permitan explorar esas nuevas opciones, definir mejor su problemática y encontrar soluciones. Su lucha contra la exclusión se convierte así en una lucha

por una distribución más justa de los recursos dedicados a la tecnociencia.

Por ejemplo, la competencia entre las multinacionales farmacéuticas aumenta la singularización de sus productos, lo cual, a su vez, hace que determinadas enfermedades devengan «raras» y, consecuentemente, sus afectados se conviertan en grupos huérfanos. El resultado de la individualización de los productos puede generar la exclusión de los perfiles más heterodoxos que no encajan con las categorías estándar.

Otro ejemplo, en el terreno de la informática, es la comunidad de usuarios de Linux. El marco impuesto por Microsoft mediante un monopolio basado en una clausura sociotécnica ha sido el origen de numerosos grupos preocupados por esta situación. En el caso de Linux se muestra, además, que los grupos huérfanos no están compuestos necesariamente de legos, aunque puedan incluirlos en gran número. Estos grupos pueden incluso inventar nuevas formas de organización de la investigación y la innovación que resultan tremendamente originales si las comparamos con los esquemas clásicos (Raymond, 1999). Lo interesante, por tanto, no es sólo el hecho de que personas legas o nuevos expertos decidan entrar en escena, sino que estos grupos promueven nuevas formas de organización, en base a colectivos híbridos y abiertos, en las que se generara conocimiento y acción de forma distribuida, mediante la coordinación flexible en forma de redes.

Por otro lado, la circulación de ciertas mercancías o productos tecnocientíficos genera externalidades (positivas o negativas) en forma de consecuencias inesperadas o secundarias, y los afectados por ellas pueden decidir iniciar acciones o promover investigaciones alternativas. En opinión de estos autores, la emergencia de ambos tipos de grupos se está acelerando, tanto por la introducción de nuevas formas de organización de los mercados, como por la evolución misma de la tecnociencia. En el primer caso, por el aumento de la estructura en red como forma de organización económica, «un proceso que se apoya en las tecnologías de la red» (Castells, 1997-2001), una forma que aumenta enormemente la incertidumbre, puesto que hace más difícil para los actores el control y el seguimiento de todas las entidades que circulan en la red. En segundo lugar, el aumento de la inversión en I+D ha hecho proliferar el número de nuevas entidades que salen de los laboratorios y que deben encontrar su sitio en la sociedad.

Por último, cabe destacar que para Callon y Rabeharisoa, los grupos huérfanos o de afectados no son simplemente una extensión de los conocidos *grupos interesados* (o *stakeholders*) tal como se los describe en la literatura sobre gobernanza, puesto que ponen en cuestión la caracterización tradicional de los roles asignados a los diferentes

actores y señalan los límites de las instituciones científicas, políticas y económicas existentes. No sólo se manifiesta la imposibilidad de los mercados para atender sus necesidades, sino la de las estructuras políticas para representarlos de forma efectiva y la de las instituciones científicas para resolver sus problemas: de hecho, los grupos de afectados están contribuyendo a la constitución de nuevos colectivos de investigación, más abiertos, flexibles y distribuidos, que requieren nuevas redes de alianzas.

## 8. MECANISMOS DE PARTICIPACIÓN

Como ya hemos señalado, los primeros trabajos sobre la temática de la participación, en el terreno de los estudios STS, se dedicaron prioritariamente a explorar y especular sobre la necesidad de abrir los procesos de decisión en torno a las cuestiones tecnocientíficas, a la participación del público y hacerlos, por tanto, más democráticos y transparentes. Últimamente, en cambio, la mayoría de trabajos publicados tienen un carácter más empírico y concreto, e intentan analizar casos reales de participación, evaluando sus pros y contras, desde diversas perspectivas.

Una línea de análisis se ocupa, por ejemplo, de detectar características comunes en los mecanismos de participación habituales[7]. Si nos centramos, en cambio, en las iniciativas que pueden considerarse emergentes o de segunda generación, es posible destacar dos aspectos importantes. Por un lado, intentan promover la participación desde las primeras fases del proceso de toma de decisiones y no, bajo una estrategia puramente reactiva, como instrumento *ad hoc* que se introduce cuando los conflictos se han agravado o alcanzado un alto grado de beligerancia.

La dimensión temporal de la participación, en el sentido de establecer en qué momento de los procesos de decisión se abren espacios de participación, es, por lo tanto, un factor esencial para evaluar el carácter efectivo de estos mecanismos. Recordemos que en la mayoría de los casos que la literatura ha analizado, el momento de participación se ha circunscrito al final del proceso (*end-of-pipe*). En mu-

7. Para una evaluación crítica de las condiciones y las diversas iniciativas de participación ensayadas —poniendo especial énfasis en el caso español—, véase López Cerezo *et al.* (1998). Una descripción de los mecanismos de participación más conocidos en el contexto internacional puede encontrarse en Aibar y Quintanilla (2001). Finalmente, una tipología actualizada, exhaustiva y detallada de tales mecanismos se ofrece en Rowe y Frewer (2005).

chos casos, de hecho, la participación de no expertos se da únicamente en la discusión sobre las consecuencias o efectos de una tecnología o tratamiento y no tanto en su diseño, configuración o desarrollo (algo que, en cambio, es más común en el ámbito biomédico y que, además, puede aumentar considerablemente el nivel de la participación).

En segundo lugar, los mecanismos emergentes ponen énfasis en la integración y en la necesidad de superar las clásicas distinciones estancas entre ciencia y deliberación pública, creando nuevas formas de interacción entre científicos, público y agentes interesados (Chilvers, 2008). En este sentido, por lo tanto, responden a la visión más ajustada que los estudios STS ofrecen sobre la naturaleza de la experticia y sobre el papel activo de los no expertos en la producción de conocimiento.

Finalmente, otra dimensión interesante de los procesos de participación es la de su alcance. Normalmente, la participación se entiende en el terreno de las políticas públicas (es decir, en cuanto a la regulación, promoción, etc., de determinadas tecnologías) y, en mucho menor grado, en el ámbito específico de las prácticas de investigación. De hecho, puede establecerse un gradiente de participación que va desde el nivel inferior, en que los científicos simplemente aceptan y consideran una cierta dimensión social de su trabajo, hasta el nivel superior, en que los ciudadanos influyen en las prácticas efectivas de investigación, cuestionando, por ejemplo, algunas de sus reglas explícitas o implícitas.

## 9. CONCLUSIONES

Desde el punto de vista de sus implicaciones políticas, los estudios STS han recibido dos tipos de críticas. Por un lado, se los ha acusado de contaminar con cuestiones y elementos políticos el ambiente impoluto de la actividad científica, sembrando de relaciones de poder los conflictos de naturaleza puramente epistemológica (Bunge, 2007). Por otro lado y, curiosamente, en sentido inverso, se los ha atacado por fomentar la despolitización de la ciencia y la tecnología, al sustraer su análisis de las relaciones de poder y dominio reales que operan de forma patente en el resto de ámbitos sociales (Winner, 1993).

La explicación de la aparente contradicción entre estas críticas reside en que los estudios STS no sólo han conseguido fundamentar una visión radicalmente nueva de la actividad científico-tecnológica, sino que, también y de forma simultánea, aunque mucho menos explícita y sistemática, han puesto en tela de juicio la concepción habitual de lo político. La ciencia y la tecnología son intrínsecamente políticas porque son un elemento central en la composición de la vida colec-

tiva, un elemento más determinante si cabe que los propios órganos de gobierno y administración pública, pero su naturaleza política no sigue necesariamente los patrones asociados a las cuestiones políticas tradicionales, ni es fácilmente tratable mediante los mecanismos institucionales habituales de las democracias representativas. Utilizando el famoso adagio de Bruno Latour: «La ciencia y la tecnología son política, pero por otros medios» (Latour, 2007, 813).

El carácter ligeramente *irreal* o ingenuo que impregna la mayor parte de la literatura sobre los mecanismos de participación del público en las decisiones tecnocientíficas se debe, precisamente, a su estrategia de reducir el carácter político de la ciencia y la tecnología a aquellos aspectos que resultan operacionalizables en el terreno de la política tradicional, aunque sea proponiendo nuevos dispositivos de deliberación para la construcción del consenso, en que cohabiten expertos y legos. Lo que suele pasarse por alto es que no todas las cuestiones problemáticas en torno a la ciencia y la tecnología parecen adecuadas para este tipo de mecanismos, ni pueden resolverse mediante los procedimientos que proponen: ni el calentamiento global, ni la posible mutación del virus de la gripe aviaria, o la cuestión del *software* libre, no pueden tratarse mediante los mismos procedimientos políticos habituales, ya sean debates parlamentarios o conferencias de consenso. Es imposible reducir la variedad de formas en que la ciencia y la tecnología devienen políticas a la única que sabemos tratar.

El análisis de las formas de participación en la toma de decisiones debe sustentarse en una consideración más profunda y menos reduccionista de los fenómenos que hemos señalado en este trabajo, y de otros que no hemos podido discutir. No sólo la existencia de formas de experticia contributiva no certificada o la emergencia de grupos de afectados son relevantes en este contexto. También lo es, por ejemplo, el nuevo rol que algunos estudios otorgan a los usuarios en la configuración de los artefactos técnicos y en el establecimiento de nuevas prácticas y patrones de uso (Aibar, 2008). Internet y las tecnologías relacionadas constituyen un ejemplo paradigmático de la inmensa capacidad colectiva de creación que pueden tener los usuarios, cuando los canales de comunicación entre ellos son abiertos y permiten el intercambio masivo e instantáneo de información.

## BIBLIOGRAFÍA

Aibar, E. (2008), «Las culturas de internet: la configuración sociotécnica de la red de redes»: *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 11/4, 9-21.

Aibar, E. y Quintanilla, M. A. (2002), *Cultura tecnológica. Estudios de ciencia, tecnología y sociedad*, Horsori, Barcelona.

Bernal, J. D. (1939), *The Social Function of Science*, George Routledge & Sons, London.

Bunge, M. (2007), *A la caza de la realidad. La controversia sobre el realismo,* Gedisa, Barcelona.

Callon, M. y Rabeharisoa, V. (2008), «The Growing Engagement of Emergent Concerned Groups in Political and Economic Life. Lessons from the French Association of Neuromuscular Disease Patients»: *Science, Technology and Human Values*, 33/2, 230-261.

Castells, M. (1997-2001), *La era de la información* (trilogía), Alianza, Madrid.

Chilvers, J. (2008), «Deliberating Competence: Theoretical and Practitioner Perspectives on Effective Participatory Appraisal Practice»: *Science, Technology and Human Values,* 33/3, 421-451.

Collins, H. M. y Evans, R. (2002), «The Third Wave of Science Studies: Studies of Expertise and Experience»: *Social Studies of Science*, 32/2, 235-296.

Collins, H. M. y Evans, R. (2007), *Rethinking Expertise,* The University of Chicago Press, Chicago.

Epstein, S. (1995), «The Construction of Lay Expertise: AIDS Activism and the Forging of Credibility in the Reform of Clinical Trials»: *Science, Technology and Human Values*, 20/4, 408-437.

Evans, R. y Plows A. (2007), «Listening Without Prejudice? Re-discovering the Value of the Disinterested Citizen»: *Social Studies of Science* 37/6, 827-853.

Funtowicz, S. O. y Ravetz J. R. (1993), «Sciences in the Post-Normal Age»: *Futures*, 25/7, 739-755.

Futrell, R. (2003), «Technical Adversarialism and Participatory Collaboration in the U.S. Chemical Weapons Disposal Program»: *Science, Technology and Human Values,* 28/4, 451-482.

Gerold, R. y Liberatore A. (2001), «Report of the Working Group 'Democratising Expertise and Establishing Scientific Reference Systems», European Comission, Brussels. (http://ec.europa.eu/governance/areas/group2/report_en.pdf).

Giddens, A. (1990), *The Consequences of Modernity*, Polity Press, Cambridge.

Hackett, E. J., Amsterdamska, O., Lynch, M. y Walkman, J. (2008), *Handbook of Science and Technology Studies,* MIT Press, Cambridge (Mass).

Jasanoff, S. (1990), *The Fifth Branch. Science Advisers as Policymakers*, Harvard University Press, Cambridge (Mass).

Jasanoff, S. (2003), «Technologies of humility: Citizens participation in governing science»: *Minerva* 41/3, 223-244.

Latour, B. (2007), «On Turning Around Politics: A Note on Gerard de Vries' Paper»: *Social Studies of Science*, 37/5, 811-820.

Lengwiller, M. (2008), «Participatory Approaches in Science and Technology: Historical Origins and Current Practices in Critical Perspective»: *Science, Technology and Human Values,* 33/2, 186-200.

López Cerezo, J. A., Méndez Sanz J. A. y Todt, O. (1998), «Participación Pública en Política Tecnológica. Problemas y perspectivas»: *Arbor,* CLIX/627, 279-308.

Nowotny, H., Scout, P. y Gibbons, M. (2001), *Re-thinking science: Knowledge and the public in an age of uncertainty,* Polity Press, Cambridge.

Raymond, E. S. (1999), *The Cathedral and the Bazaar*, O'Reilly, Sebastopol (CA).

Rowe, G. y Frewer, L. J. (2000), «Public Participation Methods: A Framework for Evaluation»: *Science, Technology and Human Values*, 25/1, 3-29.

Rowe, G. y Frewer, L. J. (2005), «A Typology of Public Engagement Mechanisms»: *Science, Technology and Human Values*, 30/2, 251-290.

Salter, L. (1988), *Mandated Science: Science and Scientist in the Making of Standards*, Kluwer Academic, Dordrecht.

Stirling, A. (2008), «'Opening Up' and 'Closing Down'. Power participation, and Pluralism in the Social Appraisal of Technology»: *Science, Technology and Human Values*, 33/2, 262-294.

Winner, L. (1993), «Upon Opening the Black Box and Finding It Empty: Social Constructivism and the Philosophy of Technology»: *Science, Technology and Human Values*, 18/3, 362-378.

Wynne, B. (1996), «May the Sheep Safely Graze? A Reflexive View on the Expert-Lay Knowledge Divide», en S. Lash, B. Szerszynski y B. Wynne (eds.), *Risk, Environtment and Modernity*, Sage, London, 44-83.

Yearley, S. (1999), «Computer Models and the Public's Understanding of Science: A Case-Study Analysis»: *Social Studies of Science*, 29/6, 845-866.

# SOBRE LA VISIÓN PÚBLICA DE LA CIENCIA

*Emilio Yunis*

## 1. INTRODUCCIÓN

Ciencia y conocimiento son equivalentes. La ciencia es una forma de conocer y de explicar el mundo, lo que no significa que sea la única; sí lo es en cuanto a que lo hace con el método científico que tiene como uno de sus pilares fundamentales la validación, por la reproducibilidad de los resultados, de todo nuevo conocimiento que adquiere. Ciencia y conocimiento derivado de la aplicación de su método buscan explicar el mundo físico y natural; el mito también.

El conocimiento científico y el mito explican el mundo físico y natural; sin embargo, son diferentes las formas de aproximarse uno y otro al conocimiento, que se reflejan en las explicaciones y el carácter de las mismas, podríamos decir, en el grado de aproximación a la verdad, una de las primeras diferencias entre una estructura abierta, que cambia, como es el conocimiento científico, y una cerrada, que si bien permite la entrada de nuevos elementos, lo hace siempre con la condición de preservar la verdad inicial.

Con la ciencia, el ser humano no necesita fuerzas y poderes extranaturales para comprenderla; en el mito son indispensables.

De esos hechos se desprenden varias consideraciones muy importantes para fundamentar las diferencias entre ciencia y mito, también para entender por qué el mito sigue vigente, en tanto que la ciencia ha triunfado solo a nivel de superficie: debajo, reina el oscurantismo. El triunfo de la ciencia y de la tecnología, su entrada en la sociedad, para quedarse, es percibido como productor de bienes y servicios que a los ojos de la comunidad aparecen como hechos mágicos, sin historia ni génesis; el conocimiento que encierran es desdeñado, o nos

encargamos de marginarlo y dejarlo de lado. Concebida como fuerza productiva, amputada del carácter liberador que debe tener para los seres humanos, desprendida del conocimiento que genera, no rivaliza ni con la magia ni con el mito que se mantienen, y lo que es peor, quizá superan, para el público general, en credibilidad a la ciencia.

El aspecto ético es central a la Modernidad que vivimos. En el mito, el ser humano hace parte del mismo, está integrado a él, su verdad y las enseñanzas y consecuencias morales que de él derivan son inmediatas, inmanentes, el ser humano está ligado a su esencia. En la ciencia, el observador, el científico está por fuera, es el experimentador desde el exterior quien ejecuta y verifica las condiciones de su aproximación experimental, todo lo cual conduce a un hecho indiscutible: el conocimiento que se deriva en la ciencia tiene que aprenderse, en tanto que en el mito su captura es inmediata. Si el conocimiento que deriva la ciencia debe aprenderse, las consecuencias éticas se deben extraer con el arrastre de enormes dificultades y, sobre todo, inseguridades.

El marco general de este trabajo culmina con una reflexión a propósito del dominio que ejercen sobre la sociedad en su conjunto la ciencia y la tecnología, y la distancia cada vez mayor, la brecha que se abre con el público en general que asiste a ese dominio cuando ha perdido todas las connotaciones liberadoras que el amplio conocimiento alcanzado por la sociedad podría brindarle; si miramos sus repercusiones, es muy grave si dirigimos la reflexión a propósito de la democracia y constatamos que el electorado está cada vez más lejos de participar de las decisiones que rigen a la sociedad actual. Traducido en los mismos términos que defendió de manera ejemplar Kant, la superación de la «minoría de edad» aparece cada vez más distante.

## 2. DESARROLLO

La búsqueda de la inmortalidad sigue los pasos del hombre. Poco a poco, de forma progresiva, pero constante, a partir de un momento en la historia, se inicia un aumento sostenido de la esperanza de vida para las poblaciones —a pesar de los desarrollos desiguales, siempre vigentes y presentes—, los logros que se alcanzan son suficientes para repartir, de nuevo de forma desigual, porciones variables de desarrollo y crecimiento para los pueblos más atrasados.

La esperanza de vida ha cambiado sin que hiciera parte en un comienzo, y por mucho tiempo, de una búsqueda sistemática; no tenía un horizonte definido con propósitos encaminados en un derrotero consistente, con aciertos y errores que le permitieran una construcción

continua, con la acumulación de conocimientos que se pudieran constituir en puntos de reparo, referencias a partir de las cuales avanzar, validar opciones y, descubrir posibles causas, analizar consecuencias, extraer nuevos conocimientos, verdades parciales para continuar en la acumulación, desechar alternativas, corregir deficiencias, orientar una línea clara y definida que seguir. No es que no se haya buscado el conocimiento en todas las épocas, búsqueda inherente a la existencia del cerebro humano; cerebro y conocimiento son una misma cosa.

Interesa la clase de conocimiento, cómo se alcanza, cómo se acumula.

El conocimiento científico fue una novedad en la historia humana, aparece después de otros que lo precedieron, a los que enfrenta con desventajas notables y a los cuales, a pesar de sus pretensiones, no ha podido silenciar.

Sobre los orígenes del pensamiento científico existen importantes ensayos que avivan la discusión; la unanimidad parece alcanzarse en torno al momento en el que surge el método científico experimental, y a la persona de su creador, Galileo Galilei, que podemos tomar como el punto de partida para la construcción de ese cuerpo de conocimientos que llamamos ciencia, que también son una misma cosa, tanto, que los dos vocablos en la etimología son equivalentes (ciencia y conocimiento), con la notoria y única particularidad cual es que, sometido el problema que se quiere llevar a la experimentación, ésta lo demuestra y lo explica, las condiciones de su realización son tales que, sometido a comprobación por otros, no importa el lugar, pero guardadas las mismas condiciones, los resultados deben ser refrendados, lo que se traduce en la validación de los mismos. Esto confiere al conocimiento científico un carácter único frente a otras formas de conocer: su método fundado en hipótesis que se demuestran por la experimentación. Acusado con frecuencia de reduccionista en la medida en que aísla un pequeño problema de una real o pretendida totalidad, la construcción del edificio actual de la ciencia lo revela exitoso.

El conocimiento científico y la ciencia surgen de la necesidad de explicar la naturaleza, de conocer cómo funciona, de hacer accesible a la razón de los hombres, a su comprensión, todo lo que nos rodea, siempre con el marco de referencia de la naturaleza; alcanzan momentos culminantes cuando formulan leyes que permiten comprenderla sin acudir a ningún factor externo, a ninguna fuerza exterior, su objetivo es explicarla en y por la naturaleza misma; para ello van paso a paso, peldaño tras peldaño, nunca de forma cerrada, a pesar de sus detractores, siempre abiertos para explicar nuevos hechos y cerrar fisuras, en la medida en que las pequeñas preguntas que resuelven se

lo permiten. Su verdad nunca es acabada, por el contrario, la falta de unos detalles, las piezas inacabadas, los nuevos interrogantes, están en su esencia, en su raíz. Hasta cuando se acaben las preguntas, si a ese final se llega.

Quizá el conocimiento científico surgió cuando se aprendió a formular las preguntas adecuadas, las que siempre son pequeñas, extraídas de una totalidad, se pasó de las muy grandes y generales, preguntas totalizantes y totalizadoras, a las más sencillas y específicas, reducidas; a cambio de, por ejemplo, ¿qué es la vida?, que nunca es una interrogación de un científico, pasar a inquirir acerca de cómo está constituido un organismo; en lugar de interrogarse acerca del alma y del aliento vital, escudriñar paso a paso con sencillos cuestionarios cómo funciona el cerebro. No se debe olvidar algo de suma importancia, cual es que la ciencia y el científico crean sus propias herramientas de trabajo, las afinan de acuerdo con el grado de precisión que se logra cada vez, hasta el punto de poder afirmar, sin temor a equivocaciones, que el conocimiento en gran parte avanza como reflejo de la perfección y precisión de los instrumentos con que trabaja, que se ajustan a la nueva medida del conocimiento más fino que se obtiene. Es una relación de doble vía, el conocimiento alcanzado impulsa la creación de nuevos instrumentos, se afina su precisión, y éstos condicionan el avance del conocimiento. Es algo que se observa en diferentes esferas; en el lenguaje, por ejemplo, un grupo humano tiene necesidad de una lengua rudimentaria, por lo general, para definir su grado de comprensión de la naturaleza; en la medida en que ésta se profundiza, precisa y discrimina, requiere de desarrollos de la lengua que, a su vez, refinan la comprensión, la detallan y condicionan nuevos avances. La relación con la precisión de los instrumentos de que dispone el científico para el análisis es tal, que fueron determinantes para pasar de una etapa precientífica a la científica y, en ésta, para definir mejor el objeto de análisis, precisarlo, descomponerlo en sus últimos componentes, pasar de lo general a lo particular, de lo grueso a lo fino, de las causas generales a los elementos constitutivos últimos, mínimos si se quiere. Para la ciencia no es lo mismo decir que una persona tiene un daño en la sangre, que precisar la alteración específica en alguno de sus componentes. De lo general a lo particular, podría ser una forma de definir el paso de una etapa precientífica a la era científica. Sin embargo, la ciencia no es única, tiene varias ramas que enfrentan cada una diferentes universos; así, el universo de la biología no es el mismo que el de la física, o el de la química, lo que significa que las herramientas de cada una serán diferentes, también el lenguaje con que expresan los conocimientos que alcanzan serán los de cada disciplina.

Una mención especial, es lógico, se debe dedicar al lenguaje de la ciencia, o de las ciencias. Cada una tiene su propio lenguaje; es difícil imaginar que hubiera podido ser de otra manera. Ocurre algo similar con la construcción de los instrumentos propios de la actividad en cada rama de la ciencia, el conocimiento alcanzado exige herramientas más sensibles y éstas permiten definir cada vez con mayor perfección el conocimiento logrado; cada nueva adquisición en la ciencia, por la razón misma del detalle alcanzado, obliga a la creación de nuevos términos y definiciones que precisan la nueva dimensión alcanzada con vocablos de reciente aparición que origina el lenguaje científico. No obstante, los puntos de contacto con el lenguaje diario existen, se irrigan mutuamente, tanto que ahora no se distingue si el verbo *irrigar* fue originario de la ciencia o si ésta lo incorporó. Pero, no hay duda, el lenguaje científico es restrictivo, es de elites, los iniciados tienen que dominarlo para que se puedan entender, y su comprensión hace parte del mismo proceso de avance en el conocimiento. Una mirada un poco profunda permite ver que todas las ramas del conocimiento, hasta podría decirse de la actividad humana, crean su propio lenguaje y sus códigos. No se oculta que la ciencia, por su método, por la forma como acumula el conocimiento, por el lenguaje, es una actividad de iniciados con un lenguaje excluyente. Para estar en la ciencia hay que estar en el conocimiento precedente, escribió alguien; la ciencia no se encuentra como el hallazgo de un paraguas perdido; para comunicar la ciencia hay que conocer su lenguaje; traducirlo y hacerlo accesible a los demás, es otra cosa.

Se da por descontado que nos referimos aquí, bajo la sombrilla de ciencia experimental y de método científico que expone los hechos y resultados obtenidos a su validación, a las ciencias naturales, físicas y matemáticas.

## 3. LA SELECCIÓN EVOLUTIVA DEL CEREBRO HUMANO

Hasta la selección evolutiva del cerebro humano todo era determinismo en la naturaleza. Lluvia, sequía, vientos y tempestades, rayos, truenos y centellas, oscuridad y luminosidad, luz y sombra, inundaciones y congelamientos, abundancia o escasez de alimentos, biologías amparadas por los solos instintos, obediencia ciega a los mismos, de vida, de reproducción, de fuga, de defensa, de agresión, porque la naturaleza no es cultura, ésta será una construcción sólo producto del cerebro humano, porque los hechos naturales, físicos, químicos, biológicos tienen una regularidad que había que descubrir y comprender para

poder vivir en ella, con ella. El humano vive en la naturaleza, y con la naturaleza. Para hacerlo tiene que comprenderla, no estar expuesto a ella solamente, y comprenderla es conocer sus regularidades, sus ciclos, lo que se traducirá en el conocimiento de las leyes que la rigen. Día y noche, frío o calor, lluvia o sequía, obedecen a esas leyes, son las primeras, son evidentes, es el mundo físico; otras, también con regularidad, se observa su aparición, son más complejas, guardan una constancia casi absoluta (las variaciones pueden corresponder a las mutaciones o a la aparición de monstruosidades), de una orquídea surgen siempre orquídeas, de un ratón, ratones, de humanos nacen humanos, es un mundo más diverso, pero guarda una gran regularidad —así, las plantas crecen de una misma manera, los organismos, vegetales o animales, son variados en grado sumo; ésta es una de las razones para establecer que el universo de la biología y el de la física no son reductibles—, brotan y nacen, tienen que crecer y alcanzar la madurez para reproducirse, mueren indefectiblemente. El mundo viviente es grande, visible, los árboles y arbustos llenan la naturaleza, los animales con todas las formas y tamaños están ahí; al igual que los árboles y las plantas nos permiten la perspectiva, también lo monstruoso, lo que se sale de proporción; nos habituamos a ese mundo visible, pero hay que descubrir lo invisible, hacer visible lo invisible, y las proporciones cambian de inmediato, la visión del mundo también, nos resistimos, eso puede estar bien en los demás, en la naturaleza, con los microbios y los microorganismos, con las células, pero en el humano es más difícil aceptarlo, el mundo de las moléculas entra a un orden diferente, al mundo de lo que el ojo percibe, o no se percibe.

Cuando se conocen las leyes de la física, los humanos toman precauciones y previsiones, hacen planes para enfrentar una u otra situación, los huracanes hay que preverlos, anunciarlos, la tierra tiembla, los sismos originan destrucciones que hay que evitar, los ríos se desbordan, hay épocas de sequía, los granos van a escasear, mejor tomar precauciones, el conocimiento de las leyes de la naturaleza permite hacer planes y programas que de forma usual eran altruistas, mantenían la equidad, los beneficios eran generales; en este contexto los señalaremos como liberadores, el conocimiento libera al hombre de coacciones de la naturaleza, de sus determinismos. La adquisición del fuego libera al hombre de muchos yugos, la potencia eléctrica aumenta su autonomía, es una gran adquisición, igualitaria en principio; no era posible pensar en generación eléctrica restringida para un grupo o para un sector, para este poblado y no para este otro, para parte de éste y no para el resto; si hubo, y continúa la discriminación, se trata de mezquindades que se debía sobrepasar; sin embargo, todavía ocurren, hay que superarlas.

## 4. EL MITO

La explicación de lo que pasa en la naturaleza, de su comprensión, de la unidad que se construye, es la base de la creencia de los pueblos que la comparten en un origen y una significación que les es común. Ésta es la razón de por qué todos los pueblos participan del mismo fundamento, una misma estructura, y a la vez suministra los elementos para diferenciar a uno de otro, hace parte de su identidad de la misma manera que un grupo aprende una actividad que se perpetúa como la propia, la que lo diferencia de los demás, culinaria, cestería, alfarería, la esencia común y la diferencia en una hermosa unidad que rechaza la homogeneidad, que permite afirmar cómo en la biología y en la cultura, a partir de núcleos comunes, se alcanza la diversidad que hasta ahora es nuestra riqueza. Recordemos que Lévi-Strauss señalaba que, para que la diversidad cultural se pudiera afirmar, era necesaria la existencia de dos grupos humanos con una demografía equivalente y con una distancia geográfica relativa que permitiera el estímulo creador, el intercambio, sin correr el riesgo de ser absorbido uno por otro.

La estructura del mito debe ser connatural a la existencia del cerebro mismo que trabaja y construye todas las nociones por oposiciones, de la misma manera como se forman todos los lenguajes.

No hay mitos idénticos, pero todos tienen puntos de partida similares que se encuentran en la búsqueda de la explicación de lo que nos rodea. El mito compartido cohesiona a un grupo humano y lo diferencia de otro.

El mito antecede a la ciencia en la explicación de la vida cotidiana y de las emociones humanas, en la búsqueda de coherencia en el mundo; en su comprensión elemental y sencilla, es una necesidad. No es posible vivir en un mundo en el que no se encuentre, no tenga y no se lo dote de cohesión; en un mundo desordenado, los que lo habitan se desordenan por igual, el mundo debe estar arreglado para que sus integrantes lo puedan vivir, cada una de sus partes debe estar en su lugar, y sus miembros también, hacen parte de ese mundo, coherencia es cohesión, relación, regularidad y búsqueda de explicación de lo que se aparta de ella, integra sus partes constitutivas.

El ser humano hace parte de la naturaleza, está en la naturaleza. En el mito, el ser humano hace parte del mismo y ésa es una razón fundamental para entender su éxito, el ser humano es parte integrante del mismo, está dentro de él, sus consecuencias le afectan, las sanciones igual, la estructura del mito contiene, por ello, una sanción moral con códigos que no se pueden quebrantar, están construidos desde adentro, hacen parte de su coherencia, le brinda su grandeza y su importan-

cia, una y otra responden de la pertenencia a un grupo humano y le asignan un contenido y una responsabilidad moral. La diferencia en el sentido de la pena y del castigo cuando los hombres se rigen por el mito, o cuando no lo hacen, es evidente. La cultura debió construir toda la estructura del derecho, toda una teoría de la culpa y del castigo, y un código de sanciones que aún no termina de comprender y modificar.

Si en su comprensión de la naturaleza, en la forma de plantearse frente a ella, está su fuerza, dotar a cada uno de los elementos de un valor moral es la mayor razón del éxito y de la aceptación del mito.

En el mito todo está en su lugar, es una estructura cerrada que todo lo contiene, no es que no exista la novedad, ni que nuevos elementos se puedan introducir, sólo que lo nuevo no falsea la forma de entender el mundo, las preguntas no se hacen para cambiar el mito, lo nuevo se introduce en lo conocido sin romper la cohesión interna; si lo hiciera, la estructura estallaría en pedazos, el desconcierto sería la norma.

Son enormes las diferencias con la ciencia, su método y la adquisición de nuevos conocimientos. En la ciencia, el hombre, el ser humano, está por fuera, hace parte del conocimiento que indaga, de la verdad que busca, pero siempre está por fuera, lo que justifica la objetividad del método y de la investigación científica; estar por fuera es una distinción que la supone incontaminada al no integrarla con las emociones y sentimientos de la búsqueda misma, hace parte de la reducción que antes se había mencionado, uno de los fundamentos de la reproducibilidad de cada uno de los hallazgos. La ciencia es reduccionista, el mito holístico. Quizá ligado a este punto, que distingue y caracteriza el propio método y es la razón de ser del hecho experimental, se produce la afirmación tantas veces formulada de la frialdad del científico, de su falta de sensibilidad, de su ausencia de corazón, para situarlo en términos muy habituales; sin embargo, ese fundamento podría ayudar a explicar por qué el científico mismo puede experimentar una odiosa dicotomía entre su quehacer en la búsqueda experimental y su propia cotidianidad. Expresado de otra forma, el mito hace parte del hecho cotidiano mismo, está ligado a la experiencia, el mundo de relaciones que establece lo satisface, deseos, emociones, esperanzas, fe, incluso, se viven todos los días y, su valoración, favorable o no, es una respuesta casi inmediata, en tanto que los resultados de la ciencia tienen que aprenderse después de sometidos a prueba y, ese aprendizaje contiene una pesada carga que se multiplica si tiene que traducirse a la cotidianidad, o cristalizar en un hecho práctico, o en un producto de beneficio para todos.

## 5. LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EMPIEZA CON LA INVENCIÓN DE UN MUNDO POSIBLE

Existe una fórmula clásica a partir de su presentación por Medawar: «La investigación científica empieza con la invención de un mundo posible»; sin embargo, se puede afirmar que el mundo posible también está en la base del pensamiento mítico. La diferencia, y muy grande, se encuentra a partir de ahí. El mito se detiene en ese punto, el mundo posible es en esencia el mismo, su estructura es cerrada, la permanencia es su norma, siempre retorna a la validez inicial, a la formulación de comienzo, si integra nuevos hechos, lo hace sin exponer todos los fundamentos, la verdad es una cosa ya sabida y debe permanecer, de lo contrario, saltaría en pedazos; la nueva pregunta, si se formula, se integrará a lo conocido porque esto debe preservarse, lo que no ocurre con el pensamiento científico.

Para el pensamiento científico de lo que se trata es de una confrontación permanente entre lo que podría ser, la invención de un mundo posible, y lo que es, el conocimiento actual que hay que falsear, cambiar, proceso del cual surge una nueva realidad, un nuevo conocimiento que es una mayor aproximación a la verdad, es una nueva realidad. En la ciencia, el conocimiento siempre debe estar abierto, la ciencia debe estar propensa al cambio, por eso, en la ciencia, el científico siempre comienza con la sentencia: «lo que se acepta hoy en la ciencia», «el conocimiento científico ha llegado hasta este punto», «el nivel de conocimiento alcanzado hasta la fecha», o esto otro, «ese conocimiento no ha sido validado por la ciencia», que equivale a decir que no se ha reproducido, no existe. La validación científica goza de tanto prestigio que lo no científico apela a ella para ganar aceptación pública.

El conocimiento científico cambia, cada vez hay una nueva aproximación a la verdad, lejos de las seguridades que brinda el pensamiento mítico que protege, elimina angustias; los poderes que aglutina y convoca deben actuar para restablecer el orden natural de las cosas; si hay rupturas, serán suturadas por los mismos poderes conocidos. De una manera natural, la preferencia de los hombres va por lo que asegura, estabiliza, protege, no provoca angustias; cambiar no es natural. El cambio hay que enseñarlo, aprenderlo, como lo debe hacer la ciencia en su búsqueda incesante que, antes que todo, aprende de la naturaleza al desentrañar todos sus misterios.

La investigación científica empieza con la invención de un mundo posible que parte de lo conocido para lograr una mayor aproximación a la verdad; por su propia naturaleza y por la variedad del

conocimiento alcanzado requiere y lleva implícita la especialización. El conocimiento científico es especializado, se especializa cada vez más, con lo que para muchos fragmenta el conocimiento y al hombre, lo parcializa y pierde la visión del todo; otra oposición con el mito, siempre de carácter general. Pero es el mismo conocimiento fragmentado el que conduce a saltos, se desboca por momentos antes de haber alcanzado toda la comprensión del problema, más aún, sin haber formulado un cuerpo teórico importante que le permita entender y reunir todos los logros que se alcanzan en una teoría coherente, en un conocimiento que pueda totalizar y hacer la síntesis de lo alcanzado. Veamos un poco más de cerca el problema. La invención de un mundo posible anuncia una búsqueda de futuro, un prever, una anticipación, que podemos demostrar tanto en la ciencia, en el laboratorio, como en la vida diaria, hasta el punto de convertir la vida humana en el deseo de anticiparnos a los acontecimientos, de prever lo previsible. La ciencia lo hace con el conocimiento que alcanza cada día, el mito con verdades conocidas. Mito y ciencia se apuntan a conocer el futuro, la ciencia, con conocimientos parciales, previsibles todos en el momento en que nos encontramos, pero imprevisibles en cuanto a las síntesis que producirán más adelante.

## 6. MITO *VERSUS* CIENCIA

Conocer el futuro se confunde con los comienzos de la vida humana, lo que se puede afirmar hoy como parte de la propia historia. Es un posicionamiento que no merece ninguna discusión. La vida entendida como hecho biológico tiene una historia, y dentro de ella, la vida humana y la evolución del hombre también la tienen. La vida humana es histórica. Después de la selección evolutiva del cerebro que adorna a los humanos, las preguntas simples y elementales surgieron: de dónde venimos, cuál es el futuro, qué podemos prever y qué podemos prevenir. Poco importa que en la vida diaria se minimicen las cosas y las preguntas se vulgaricen, de tal manera que la industria de los adivinos y agoreros de todo tipo se convierta en la más próspera jamás vista, que va desde las cartas, bolas de cristal, poso del café, cenizas del cigarrillo, orientación de mesas, sillas, color de las telas que se deben usar, posición que se debe adoptar en el recinto para estar en connivencia con la posición de los astros, cartas astrales, pócimas y brebajes, menjunjes de todo tipo, rezos y adivinaciones, en fin, a toda la variedad, inventario sin fin de una flora y fauna que se diversifica, en ocasiones se puede decir que se hace más sofisticada con

los nuevos conocimientos y tecnologías para hacer de los colores, olores y sabores la panacea, lo que revela su esencia esotérica, que no se puede demostrar, y le sirve de invaluable escudo protector, en franco contraste con el carácter exotérico del conocimiento científico. Presidente que se respete tiene su adivino de cabecera que muchas veces es su esposa que, de todas maneras, tiene su Tiresias a la mano y, con el paso del tiempo, es un valor propio, el peso específico es mayor si saben cómo tener los astros a su favor, el color y la clase de prendas que deben vestir, o la estampa que ocultan en la billetera que sacan a relucir para la encomienda final, que no por ser de última hora, no deja de ser importante; por el contrario, en el ritual se deja para el momento postrero a fin de que su acción no se pierda en la memoria, no se desdibuje en el tiempo. Ya no causa asombro que lo mismo ocurre en todas las latitudes, sin importar el grado de desarrollo alcanzado, porque la base es la misma, no importa el nivel de cultura de cada pueblo.

Desde antes de configurarse lo que conocemos como biología, y mucho antes de la entrada de los grandes avances modernos, las preguntas míticas fueron, «de dónde venimos» y «qué nos depara el futuro», esta última, el interrogante con mayor fuerza quizá porque preguntar sobre el futuro contiene inquirir sobre la vida, sin futuro no hay vida, sin futuro se acaba todo, es la muerte que, siempre es bueno recordarlo, es una de las tres grandes invenciones de la biología. En la búsqueda del futuro, de qué nos depara el futuro, se consulta y se buscan augurios, se dota de sinos inquietantes la forma como se manifiestan, sueños, oráculos, esfinges, adivinos, incluso el azar mismo. El hombre ha buscado conocer el futuro, anticiparse al futuro desde los mitos que señalan el final de los tiempos, también la creación, hasta los de la larga vida, la inmortalidad y la adivinación. En general, fallaron, no tuvieron en cuenta todos los elementos, así, en la mitología, la inmortalidad no se acompaña de la juventud eterna, y los viejos eternos terminan pintados como asquerosos, impertinentes, sobras de las cuales hay que deshacerse, no importa que hayan tenido origen divino, que Zeus haya querido preservar inmortal al amante de Aurora, o que Isis haya recuperado los fragmentos del cuerpo de Osiris dispersos por Egipto y, al reunirlos, les hubiera insuflado el aliento vital para su renacer, resurgimiento que es una resurrección y una nueva encarnación de la vida, de la inmortalidad, que se presenta como una variación importante.

En todas las formas se ha buscado prever el futuro, anticiparse al porvenir, para el mito por un don divino, notable entre los griegos, sólo algunas de las divinidades lo tenían y podían hablarles a algunos

mortales; en la ciencia ocurre algo parecido, sólo que no se trata de dioses que les hablan a los hombres, es el conocimiento que permite anticipar lo que vendrá de la misma manera como, dice Bronowski, y lo reafirma von Karajan, el director de la orquesta que conoce la partitura vive el presente como una anticipación de lo que vendrá, se adelanta y prepara el futuro de la interpretación en cada nota que ordena se ejecute, o como el corredor de autos que debe anticipar el momento venidero en previsión de una catástrofe. En fin, para la ciencia y para el mito, en la vida cotidiana también, todo acto humano tiene una noción de futuro, de porvenir, que se liga a la vida misma, es parte del acto de vivir. Sólo con la muerte no hay futuro.

Casi desde los comienzos de la biología el futuro como destino de la célula estaba presente, para cambiarlo o para revertir lo que se consideraba ineludible, la muerte celular en primer lugar, cómo hacer a la célula inmortal y por ese camino lograr organismos eternos. Muchas construcciones, incalculable el número de experimentos realizados y la elaboración de nuevas nociones, hasta llegar al programa genético que cobra desde su descubrimiento un lugar prioritario, cómo desentrañar ese programa que, al leerlo, contiene el destino de una célula hasta su muerte, que fija el número de divisiones como en un reloj hasta agotarlo, sin reposición de los tejidos que, desgastados, envejecen y mueren, cómo lograr que se borre toda la lectura y el camino recorrido que ha llevado a una diferenciación y especialización de la célula.

El programa genético contiene la clave de la especialización de la célula, de la diversidad celular, del envejecimiento y de la muerte por la imposibilidad de dividirse más. Hay que conocer los genomas, fue la decisión y el largo camino que llevó a esa exploración que asombró al mundo con el anuncio de su descubrimiento, que era como un nuevo comienzo para comprender cada una de sus partes, de sus elementos constitutivos. Sin embargo, no se trató de una nueva síntesis, el salto fue tan espectacular y asombroso que aún no nos hemos repuesto, de repente, la clonación de organismos es una realidad, se pueden hacer copias idénticas de los organismos, la oveja primero, luego siguieron otros mamíferos, el hombre espera en la puerta. Fue tan magistral la aparición, sin estar preparados para ello, no por anuncios, sino por el conocimiento previo; para el público ya no se trata de maestría, de algo que se hace de esa manera, magistral aquí se podría cambiar por mágico, surgió como un hecho extraordinario, casi de la nada, el anuncio recordaba al animal que sale del cubilete y de repente nos sitúa frente a un mito inicial, la inmortalidad. Y retornamos al comienzo, la inmortalidad, pero sin envejecimiento. Antes de saber de dónde venimos, se propone la inmortalidad que podría ser una ausencia de

futuro, o un nuevo futuro que nos es imposible imaginar; a la búsqueda de predicción del futuro, la respuesta es la de un futuro en el cual no alcanzamos a prever si habrá futuro.

En la perspectiva que tratamos es muy importante señalar que la clonación salta y aparece como un avance que cambia el rumbo de otras previsiones, las deja atrás, de nuevo la historia empieza a transcurrir por un camino impensado, etapas no contempladas o, si lo eran, se consideraban alejadas, deja atrás caminos que se creían previsibles, previstos; antes que reconstruir el pasado, o terminar su reconstrucción, si es posible hablar en esos términos, nos encontramos con una predicción de futuro que sobrepasa todo, la investigación científica cobra un aspecto desbocado, delirante, casi salvaje, que difícilmente puede entender el público. El nuevo conocimiento alcanzado, que primero es un resultado, un producto, surge sin comprender las etapas intermedias, lo que lo hace posible, aparece para el público sólo como un bien, un fin que nos confronta con los elementos míticos que se creía contaban sólo en el pasado; es un Dios, dicen del científico, o su competidor moderno, usurpa el mito de la creación que de alguna forma se confunde con el de la inmortalidad. La vida y la muerte iban juntas y ahora parecen disociarse, casi sin saber cómo se pueden establecer fábricas para reponer los tejidos que se dañen, órganos completos se podrán sustituir, se pueden hacer de la misma persona unas células magistrales para reponer lo dañado en todas las partes del cuerpo. La imaginación se desenfrena, la ciencia y la tecnología entran en una nueva etapa turbulenta, en el pasado hubo otras, como el surgimiento de la teoría de la evolución que marca la continuidad de la vida, las especies no fueron creadas independientemente, hay un mismo hilo conductor para todo lo viviente; una noción de economía biológica permite pensar que no se inventan dos veces mecanismos esenciales, sólo se establece una vez la forma de reproducirse, de multiplicación de las células, las especies se diversifican por alteraciones en el sistema genético que permiten la mutación, el cambio, y la diversidad, también la especiación y la aparición de nuevas especies; se inventó un mecanismo para hacer que todos los individuos de una especie fueran diferentes, con lo que las tres grandes adquisiciones de la biología aparecen y se comprenden: diversidad, especiación y muerte, los tres pilares de la biología que de un solo golpe, con la clonación, pueden resultar comprometidos, pero eso lo aprenden la ciencia y un buen número de los científicos, es un nuevo cataclismo que supera tal vez al otro que acompañó el descubrimiento del universo físico. Cuando se comprendió el universo físico y se formularon sus leyes, aparecieron grandes trastornos, la Tierra no era más el centro del universo, el hombre tampoco, no estaba inmóvil,

ese «se mueve» originó un cataclismo, el hombre surgió en la Tierra pero es el producto del polvo estelar, como diría Carl Sagan, «somos polvo de estrellas...», que corresponde a la historia científica de cómo se formó el universo, el Big Bang, la formación de la Tierra y de los otros planetas, con sus mares y montañas, ríos y abismos, el mismo Sagan decía que éramos habitantes transitorios que habitamos este planeta y, parece que tenía razón, se volverá al lugar de origen, quizá con la inmortalidad que supone juventud perpetua; pero la imagen pública de todo esto es distante de lo que conoce el científico, diferentes poderes se han encargado de hacerlo aparecer así.

Construimos un universo científico, decimos con muchos otros que la ciencia llegó para quedarse, no podemos prescindir de la ciencia, cuando queremos dar a algo un atributo de credibilidad lo dotamos de un aspecto científico, «somos una sociedad científica», es una afirmación rotunda; «vivimos la sociedad del conocimiento», es otra sentencia más habitual en este siglo que comienza, quizá para caracterizar así el auge cibernético, el dominio del espacio interestelar, la manipulación de los programas genéticos, la reparación sin límites que se anuncia de los cuerpos deteriorados, el eventual triunfo sobre el envejecimiento y la muerte, base del drama y la tragedia humanos, las comunicaciones en el ciberespacio que anuncian un lenguaje universal con traducciones inmediatas que amputarán, obliterarán la diversidad de lenguas producto de la especiación y de la diversidad de los grupos humanos, que amenazan con volver realidad la insensatez de los enemigos de la hermosa proliferación de idiomas, lenguas y dialectos, que son un distintivo de la diversidad étnica que de manera absurda han caracterizado como la torre de Babel, la producción de todos los elementos que se requieran para sustituir el deterioro de los organismos humanos, que podrá volverlos inmortales, con lo que se acabará con la muerte. También con la refundación de la especie que ocurre con la producción de cada nuevo organismo, porque si la clonación llega a estar a la orden del día, se podrán producir copias múltiples. Todo este escenario, visto de esta manera, tiene varias intenciones. Una de ellas sería ver cómo un producto fortuito de la evolución, tal que la aparición del humano, puede llevar, por su propio desarrollo, al logro de uno previsible y que todo lo prevé; otra, cómo un mundo forjado con base en la diversidad de las especies, la humana en primer lugar, puede tener como perspectiva agotarla, sin que se pueda imaginar qué ocurrirá después; otra, cómo la vida humana construida sobre la noción de futuro, pueda estar a las puertas, no importa cuánto tiempo deba transcurrir, de sobrepasar esa solución de continuidad, vivir el futuro algo así como en un eterno presente

si nos atenemos a la sentencia que afirma que lo único seguro es la muerte, que lo único que podemos realmente conocer y predecir es el momento de la muerte, depuesta, entonces, por la inmortalidad.

## 7. EL CEREBRO HUMANO Y LA NECESIDAD DE CONOCER

El cerebro humano conoce, tiene la obligación de conocer, quizá es el único determinismo que existe. ¿Qué debe conocer?: la naturaleza, de la cual hace parte, es uno de sus integrantes. El cerebro le permite pensar la naturaleza, imaginarla, recrearla, conocerla. El conocimiento es inherente al humano, no puede prescindir de él.

El mito antecede a la ciencia en el intento de conocer y explicar la naturaleza difieren en aspectos esenciales, a pesar de las similitudes que se puedan encontrar. Hemos citado dos; una vez descubierto el método científico, el observador debía estar por fuera del problema analizado, en el mito se está dentro, hace parte de él, todo lo cual lleva a que el segundo contiene de forma inmanente repercusiones morales; en la ciencia hay que construir una ética, a cambio de un mundo ordenado por alguien o algo por fuera de la naturaleza, lo que le confiere un carácter sobrenatural; la gobierna por leyes que se transmiten al hombre, accesibles a él y a su razón. La ciencia establece esas leyes, accesibles también a la razón de los hombres, pero las desprende de la propia naturaleza, no por fuera de ella.

El mito es vivido, la ciencia tiene que ser aprendida.

El otro aspecto muy importante que hemos citado es el carácter abierto de la ciencia; el conocimiento científico no parece agotarse —a pesar de que pueda plantearse su final en algún momento—, lo que le confiere un carácter cambiante, antidogmático, progresivo, acumulable en un cuerpo cada vez más creciente de conocimientos que hacen ineludible la especialización y los conocimientos especializados, frente a lo cual, la representación del mundo y de las fuerzas que lo gobiernan que hace el mito, es más redonda, cerrada, no deja fisuras, responde todas las preguntas de una vez, explica el origen del presente y del futuro sin titubeos y sin necesidad de interrogarse, sin aprender a interrogar.

## 8. LA VISIÓN PÚBLICA DE LA CIENCIA

Se puede decir que el mito antecede los tiempos, tiene carácter de esencia, es casi una forma natural de plantearse una representación del mundo, de comprenderlo, de apropiarlo, de apaciguarlo. Cuando no existía la ciencia, la vida y las emociones tenían que tener explicacio-

nes necesarias para guardar una coherencia del mundo, el aplauso o el castigo, la furia o el premio eran inmediatos e inmanentes, el precepto moral se podía desprender porque estaba implícito en la acción. La ciencia tiene que construirse y aprenderse, en verdad hay que aprender lo que el cerebro capta, imagina, construye y desmenuza. De un lado, la ira de los dioses se convierte en descargas eléctricas cuya explicación satisface a algunos, la tierra tiembla y destruye, no como fenómenos ligados a ese episodio en que, finalmente, Tifón, el malhechor, el gran monstruo, es sepultado por las descargas de montes y montañas que debe lanzarle Zeus para aplastarlo, y sus rugidos, su vociferación, y las llamas que aún puede emitir esa gigantesca cabeza de dragón, son la demostración de que la tierra grita, gime, acumula inmensas groserías; las montañas se mueven, de sus entrañas salen hilos de sangre. Del otro lado, la teoría de la separación de los continentes y, el roce, el frotamiento de las capas tectónicas subterráneas tomó muy largo tiempo de investigación y de exploración y, no obstante tratarse de conocimientos que pueden ayudar a predecir los fenómenos, con los beneficios que se puedan derivar, es más difícil aprenderlo y aceptarlo, su acogida es menor, además, porque no se han hecho los esfuerzos por explicarlo, por transmitirlo y hacerlo accesible a todos, y esto, a más de complejo general que lleva a olvidarlo, o se anticipa que será complicado, difícil de asimilar, se prefiere lo cotidiano y lo que se desprende de lo cotidiano. Es más fácil hablar de la furia de la naturaleza y, en estos tiempos, de su venganza.

Éstos son los elementos más importantes para comprender por qué la visión pública de la ciencia, la que tiene el público en general, es una visión pobre y parcial, ligada principalmente a algo que tenemos con nosotros, que nos produce bienes y servicios, productos para nuestro disfrute, pero nada más; la comprensión, la liberación por el conocimiento, se ha dejado de lado, quizá irreversiblemente de lado; como dice George Sarton, la ciencia ha triunfado en la epidermis, en la superficie, debajo de ella el oscurantismo sigue reinante, no ha cedido ni un ápice, posiblemente se ha fortalecido, con lo que se quiere decir que se aceptan de buena gana los beneficios de la ciencia, para muchos de manera imperceptible porque ocurren casi de forma natural, simplemente existen, pero el compromiso no va más allá, el mito sigue reinante, el cuerpo de creencias aprendidas desde el comienzo de los tiempos, o desde el inicio de la cultura, se fortalece, se multiplican las sectas casi afirmando: Dejemos que produzcan bienes y servicios pero no permitamos que se introduzcan en nuestro fuero interior, éste es nuestro reino que le debemos anteponer con nuestras creencias inmortales. Porque parecen ser inmortales. Existe el peli-

gro de un desdoblamiento colectivo que lleve a vivir de día los éxitos, bienes y beneficios que la ciencia brinda, y en privado tener prácticas totalmente opuestas a ella, sin que toquen los núcleos esenciales de comprensión y de interrogación frente al mundo, que están en la base de la razón de ser de la ciencia y de la experimentación científica.

Se tiene que aprender el conocimiento científico. Ciencia y educación tienen que ir juntas. Se dirá que también los otros conocimientos, religión, literatura, arte, todas las manifestaciones de la cultura, todas formas de conocer, todas formas de interrogarse acerca del mundo, como decía George Sarton, que no dudaba en afirmar que la columna vertebral de la cultura, lo que equivale a decir su sostén, su pilar fundamental desde que llegó para quedarse, es la ciencia, en tanto que las otras manifestaciones constituyen los músculos, los nervios, la sangre. De otra manera, muchos lo han afirmado, podemos decir que la ciencia y el conocimiento científico no son únicos en la forma de conocer, de interrogarse ante el mundo, pero sí son necesarios, si no se bastan a sí mismos, para muchos sí, constituyen un modelo único de conocimiento, no se puede prescindir de ellos. Es imposible pensar el mundo sin ciencia; para la gran mayoría de las personas sería, desafortunadamente, como habitar un mundo sin los productos y beneficios que otorga; para ellos, ciencia y productos parecen una misma cosa, como se ha indicado ya. El conocimiento científico y la ciencia tienen que aprenderse, y este conocimiento, progresivo como es, debe asimilarse de una forma continua. Es liberador.

El científico, en la ciencia, renuncia a todo lo que se opone a la razón; para él, el dogma y la fe son renuncias anticipadas a la razón; echa mano del cerebro que todo lo quiere conocer y, para muchos, todo lo conocerá.

## 9. EL LENGUAJE DE LA CIENCIA

Llegamos a un punto final en esta exposición que retoma uno de los aspectos esenciales, como es el del lenguaje en la ciencia. Partimos de aceptar que, por necesidad, la ciencia y, todo conocimiento, deben crear su propio lenguaje, lo que origina un aspecto restrictivo inicial. La ciencia es elitista por el conocimiento que exige, por las habilidades que se necesitan para poder estar en ella, y por el lenguaje que crea, fundamental para poder comunicarse entre científicos y comunicar los resultados. Al reduccionismo del método y de la investigación científicos, que hemos considerado necesarios y triunfantes, hay que oponerles el carácter restrictivo y aislacionista del lenguaje especializado

y de la comunicación científica, sólo para iniciados, lo que ha hecho olvidar a muchos que, a pesar de todo, el conocimiento científico se puede hacer accesible a todos, que de manera impropia muchos han señalado como hacer vulgarización científica. Veamos cuán necesario es si se lo mira desde una frontera meramente política y cultural.

Con la ciencia y con los conocimientos científicos y tecnológicos ocurre algo similar al lenguaje, que esclarece muy bien el tema. Una lengua puede tener una capacidad infinita de expresión, lo que le falte lo puede tomar prestado de otra o crear nuevos términos para suplir las carencias que descubre, como sucede con el lenguaje científico y con la terminología científica. Sin embargo, en la vida diaria, cada hablante se basta con una parcela que le es propia, que le es suficiente para comunicar, pensar y sentir sus necesidades diarias, sin tener en cuenta lo restringida que pueda ser su utilización, que no es otra que la que le han dado su educación y el medio donde vive; en tanto más restringida la educación, menor el ámbito en el que se mueve; en tanto más restringido el medio, menos necesaria la educación y menor la capacidad para entender y abstraer sobre lo que pasa a su alrededor. Por más que el idioma sea común y que alcance para suplir las necesidades de expresión de todos, existe una gran desigualdad entre los hablantes en cuanto al dominio que tienen del lenguaje, ya no tan sólo el de uso diario y, es mucho más grave, multiplicado por la diversidad alcanzada y por la importancia del lenguaje especializado. En esta perspectiva, si el lenguaje más habitual favorece el entendimiento y la comunicación entre los usuarios, la diversidad de la lengua en todos los sentidos lo dificulta y obstaculiza, primero, porque choca con las parcelas de lenguaje que posee la mayoría y, segundo, por la especialización que expresa a su vez la del conocimiento. ¿Cómo, sin comprender el lenguaje, se puede compartir, discutir y objetar, si es el caso, el destino como rumbo que se le da a ese conocimiento? y, de otra manera, ¿cómo se puede participar activamente en las decisiones por tomar si no se conoce lo que se hace, ni se vislumbra siquiera cómo se hace, cuál es su objeto, su razón de ser, su historia, su proyección y los cambios que originaría en la postura, en la visión del mundo, cómo cambia aquel al que estábamos acostumbrados, las relaciones que teníamos, los secretos que queríamos guardar ahora develados, los secretos ocultos ya hechos luz?

## 10. LA DEMOCRACIA CADA VEZ MÁS LEJOS

La democracia, que se postula como la mejor forma de vida organizada que la cultura pueda ofrecer, es muy imperfecta. Existen muchos

vacíos, entre ellos, el fundamental, la educación del electorado. La esencia del voto y de la elección se debe encontrar en la participación consciente, en el conocimiento pleno de lo que se vive, de la dirección que lleva la sociedad, hacia dónde nos dirigimos y hacia dónde queremos que se dirija. La educación ha hecho parte del debate público de forma pareja a un supuesto perfeccionamiento de la democracia, si lo hay. Es posible que se operen retrocesos y que asistamos a uno de ellos.

Una forma de actuar contra la democracia es mantener sin educación a los posibles electores, imponer líneas de conducta sobre la base de que esto es importante sólo para las elites. La esclavitud tiene como uno de sus fundamentos la no educación, no saber leer ni escribir es un principio para aislar a los esclavos, impedir la comunicación, la concertación, la unión para dirigir y orientar sus vidas. Por mucho tiempo se tuvo la bandera de alfabetizar como un principio fundamental que indicaba, además, el nivel de desarrollo alcanzado, luego vendrían los grados educativos, cuántos libros se leen por persona, y muchas cosas más. A medida que el conocimiento aumenta, la tecnología adquiere un carácter impetuoso y autosuficiente; saber leer y escribir se convierte en algo exiguo para afrontar y entender el mundo.

Hoy es muy deficiente la comprensión pública del conocimiento alcanzado, vivimos una época que se puede caracterizar como la de analfabetos alfabetizados y analfabetas alfabetizadas. No basta con saber leer y escribir, el conocimiento cada vez más especializado está en manos de grupos restringidos que poseen la información, saben cómo obtenerla, cómo crear y producir nuevos conocimientos y tecnologías a partir de ella; conocimiento, ciencia y tecnología que conducen el mundo con una sociedad cada vez más alejada de las decisiones, cada vez menos consultada de forma real, los grupos de decisión las imponen de manera autoritaria y los gestores de los grandes cambios, en la ciencia y en la tecnología, no luchan, si acaso, son conscientes y están interesados por debatir sus logros y llevarlos al alcance de la sociedad en su conjunto. En ese sentido, existe una gran responsabilidad de los científicos que se traduce en el menoscabo de la propia democracia, los electores desconocen el destino mismo de la sociedad, no son conscientes del derrotero que llevan los grandes avances científicos y tecnológicos guiados por la mecánica cuántica y la biología molecular, pilares de la sociedad actual, que hacen que los postulados y el sentido de la democracia se alejen de los objetivos de sus fundadores que hicieron del elector y del voto consciente su razón de ser. El predicado, entonces, no puede ser otro que señalar que

frente a las imperfecciones de la democracia, la mayoría fundadas en la alfabetización, cuando ella se mantenía en márgenes alcanzables con mayor facilidad, su sueño se aleja cada vez más, el electorado es menos consciente de las transformaciones que se han operado y de las que se operarán, y su capacidad de decidir es cada vez menor en tanto que desconoce de manera más radical la esencia de los cambios que, como nunca antes, afectan de forma total la postura del hombre frente al mundo. Es esa misma actitud la que ha cambiado ya y está a punto de culminar la más completa transformación de que se tenga idea.

## 11. EL SUEÑO DE LA ILUSTRACIÓN Y LA CULPABLE MINORÍA DE EDAD

La Ilustración es el triunfo del mundo ilustrado, consciente, que separa la fe de la razón, y reparte los poderes que deben regir el Estado recién constituido; a partir de entonces, estará guiado por el voto ciudadano, el Estado y la religión no irán más juntos, vivirán separados y el Estado, guiado por tres poderes, cada uno independiente, podrá garantizar el equilibrio en los caminos, en las rutas que la sociedad debe trazar. El sentido de la Ilustración lo definió con la mayor precisión Kant cuando en su defensa escribió la famosa sentencia que reafirma la autonomía del individuo, el voto consciente sin necesidad de tutor, la mayoría de edad que se debe alcanzar para poder decidir por uno mismo. La llamó, sin ambages, «la culpable minoría de edad», con lo cual situaba la responsabilidad en el mismo individuo que no hace lo que esté a su alcance, lo que le sea posible para superar esa minusvalía.

El mundo en que vivimos demanda más habilidades de los hombres, conocimientos más especializados que, a su vez, los parcela. Es como apropiarse de una mejor competencia lingüística que tiene el peligro de ser tan sólo de una fracción, como si el resto no tuviera mayor importancia. Pero el conocimiento especializado nos confiere un dominio sobre los otros individuos, que lo desconocen; también el arte del cual se deriva les es ajeno a los otros, no lo comprenden, no lo pueden discutir, lo ridiculizan a veces, pero lo respetan las más, lo ven distante, inalcanzable, sólo digno de elegidos, cerrado y que se cierra a los no privilegiados, frente a lo cual tienen principalmente dos opciones, dejar que avance alejado de ellos, sin participar de las decisiones, o retornar, mal informados, desinformados, con elementos precientíficos —los mismos anteriores a la gran explosión de conocimiento—, a las creencias de todo tipo, al resurgimiento de mitos y religiones variopintos que se disputan, con los mejores dividendos, el

retorno a lo primitivo y primario, lo natural, dicen algunos que abrazan el esoterismo, en un estallido de creencias dispares de todo tipo; es el mundo de las esencias, de los olores y colores, los cristales atraen, las relaciones de causalidad aparecen por doquier, ya no hay ninguna discriminación, el poder de despreciar de la ciencia y del científico que defiende Bachelard —el poder de despreciar que nos permite desechar que la posición de los astros pueda tener alguna relación con la vida de los hombres, la hora y la fecha del nacimiento verlas como algo anecdótico, el color del vestido que cubría el cuerpo de la madre la víspera del alumbramiento, la disposición de la sala en la reunión decisoria, el color de la corbata y del traje que nos vestía en la ocasión, en fin, aquel poder de despreciar por el cual el científico y la ciencia saben que todo no es posible, que todo no tiene un vínculo con todo—, que no es otra cosa que la defensa del método científico como el principal método de conocimiento, es destruido como infundado, ahora los astros, los colores de las telas, la posición de las cartas, todo ese batiburrillo cobra sentido, no hay que apelar a lo exotérico, todo es posible de aquí en adelante, o mejor, todo vuelve a ser posible. Y el destino y la predestinación se enseñorean.

La Ilustración marcó una de las grandes rupturas en la historia, afirma la democracia y establece como uno de sus pilares la representación por los elegidos mediante el voto popular que debe ser consciente, libre, sin presiones, lo que representaría la mayoría de edad, que no sería algo diferente a rechazar que otro decida por nosotros. La independencia personal se erige en la bandera para rechazar toda noción de autoridad representada antes por el rey, el príncipe, el amo; la vida republicana cambia todo, el presidente es el jefe del Gobierno elegido pero deja de ser el amo, el dueño de los gobernados, algo que con frecuencia se olvida quizá en todas las naciones, tanto en las más como en las menos desarrolladas. Si en estas últimas el caudillismo y las dictaduras marcaron buena parte de su historia, que, no obstante, aún ocurre; eventos similares observamos en las primeras, con asombro para muchos que desconocen que la base para explicar esos hechos nunca ha desaparecido, persiste.

## 12. EL SENTIDO DE LA EDUCACIÓN

De acuerdo con los mismos postulados de Kant, la Modernidad es la principal expresión de la Ilustración. Se sabe que a la crítica, la respuesta habitual es que la democracia es un proyecto futuro, un proyecto inacabado, de la misma manera como se postula el proyecto inaca-

bado de la Modernidad. Es una de las razones para que siempre se aluda a la educación como la gran cenicienta, de una parte, y el «ábrete sésamo», de la otra, que permitirían romper todos los límites, todas las barreras para llegar a la plena conciencia de todos los humanos. Creemos que éste es un planteamiento defectuoso que encierra algo más que una excusa y contiene una falsedad con todo lo que oculta. La frase y, en algunos sentidos, la explicación de la sentencia, «El siglo XXI es el siglo del conocimiento», encierra todo lo negativo de la visión pública de la ciencia y del conocimiento, también lo parcial de las apropiaciones, sólo mira las competencias, los oficios, las aptitudes, las habilidades técnicas, en un mundo que diversificó y especializó el conocimiento como nunca antes había ocurrido, habilidades de los ciudadanos para desempeñar trabajos específicos que deben engranar en un sistema que, se dice, cada vez es más mundial, globalizado, con los seres humanos dentro de una nación y las naciones como piezas para ese acoplamiento en el cual tienen que encajar, al cual se deben acoplar, sin que lo comprendan, porque no se ha tratado de comprensión, de entendimiento, de pensar lo que sucede alrededor, de liberación humana por el conocimiento; «El siglo XXI es el siglo del conocimiento», es señalar que los siglos anteriores no lo han sido, es más un tema de supervivencia, de sobrevivir las personas y los grupos, las naciones mismas que deben evitar ser arrolladas, y encierra como proposición el fracaso del sentido mismo de la educación. Ya no debería ser suficiente con la educación matemática, o la física, o la química, ni siquiera con la mecánica cuántica y la biología molecular en posesión de una elite reducida que comanda la política y la economía; se requiere para superar el analfabetismo actual tanto ese conocimiento como la educación para la conciencia de los hombres, que deben tomar en sus manos la decisión ilustrada, con lucidez, evitando el retorno a lo primario y primitivo, que equivaldría esto último a caer en una más profunda minoría de edad, la precientífica, la que nos desnuda ante la naturaleza, nos pone indefensos ante ella.

Pero hay también la educación pública general, la que debe dirigirse a todos por igual, con los medios masivos de los que se puede disponer para hacer posible el debate sobre el destino o los destinos de la sociedad, qué rumbos debe tomar, lo que debe ser una decisión consciente, ilustrada, del grupo humano en su conjunto. La ciencia en general, y los científicos en particular, han tenido y tienen gran responsabilidad en ese estado de cosas al permitir que su búsqueda, con fundamento en el crecimiento del conocimiento y la comprensión de la naturaleza, se convierta sólo en producto, bienes, valores de uso, beneficios, sin saber de dónde ni cómo se obtienen, y aceptar y pro-

piciar que su mundo es sólo para privilegiados al que no puede acceder el conjunto de la sociedad. Es obligación de los que poseen el conocimiento en la ciencia y la tecnología, y de aquellos que deben encontrar sentido a lo que los hombres hacen, los que se preguntan el porqué y el para qué de las cosas, terreno que siempre ha sido y será abonado por los filósofos, pasar al primer plano del debate, tomar todos los medios a su alcance para ilustrar a la sociedad, que podría disponer de un gran número de recursos para alcanzar ese objetivo, sociedades científicas y académicas, emisoras y periódicos universitarios y culturales, revistas especializadas, cuerpos colegiados que nunca se pronuncian y que deberían tomar vocería en el debate, universidades y centros académicos de diversa índole que no asumen como su función pronunciarse en público sobre los grandes temas que vive la sociedad, la propia y la universal, que creen que su razón de ser se agota con la discusión propia que los encierra en su quehacer cotidiano y sus programas igualmente cotidianos, que su silencio permite que sean arrastrados en un devenir que con frecuencia los sobrepasa, para el que no estaban preparados, precisamente, por la ausencia de debate público. Contrasta lo anterior con la vocería y el enorme poder que poseen los medios que aquí llamamos precientíficos, que multiplican sus tribunas a diario, acaparan todos los espacios, ganan todos los escenarios, los púlpitos de los pueblos y los altares de las grandes ciudades, se adueñan de plataformas escritas, habladas, televisivas.

La pregunta es si en el mundo actual se puede mantener la culpable minoría de edad, con toda la complejidad y diversidad alcanzadas por el conocimiento, y sobre todo, con la tecnología desbocada que oblitera la diversidad biológica y cultural.

Si tomamos dos ejemplos actuales, podremos ver cómo ellos están en la cima científica y tecnológica, e igual, cómo escapan en su comprensión íntima a la discusión por una sociedad que debe ser ilustrada en esos temas, y que debe ser consciente de su razón de ser, en la discusión de hasta dónde se debe ir en todo lo que se anuncia que es posible hacer. Al emplear la expresión «debe ser ilustrada», aludimos a los científicos, los expertos, los líderes políticos, las academias, las universidades. Debe terminar la mirada complaciente que dice que es responsabilidad del ciudadano superar la culpable minoría de edad, debe pasar a manos de todos los estamentos que deben discutir a diario tanto los proyectos futuros como la actualidad del conocimiento, sin prejuicios, sin toma de partido previa, sin descalificaciones, todo con miras a hacer de la sociedad una ilustrada.

Siempre es pertinente la mirada hacia todas las carencias que vive la mayor parte de la especie, la humanidad, representadas en el aban-

dono de inmensas regiones del planeta y la suerte de millones de sus pobladores que carecen de los elementos más esenciales y primarios para la vida, lo que se olvida cuando se emprenden las grandes aventuras del espacio y de la clonación. Se viaja a la Luna y se puede llegar a planetas más distantes, pero las hambrunas son cotidianas en la Tierra.

Con el primer viaje a la Luna, el espacio, con la posibilidad del hallazgo de vida en las estrellas, se convirtió en una obsesión, con todas las implicaciones económicas y de vida futura, que sólo los que están en poder del conocimiento científico y tecnológico vislumbran y conocen. De esto hace parte el tema de la globalización, de las comunicaciones en red, del poder impersonal, del control mundial de los negocios con una centralización que recuerda y multiplica hasta el exceso el mundo kafkiano. Sin embargo, los viajes al espacio exterior, tripulados o no, se hacen con los dineros de los contribuyentes, sin su consentimiento, sin su voto favorable, sin que conozcan las razones del porqué de esas empresas, o con encuestas manipuladas para esto y para tantas otras cosas que distan de mostrar que el ciudadano corriente es consciente de que no se ha pedido su voto afirmativo o negativo; aquí también la gloria o el heroísmo, la invocación al valor supremo de un pueblo y a una pretendida y falsa nacionalidad manejan las conciencias, las adulteran, las alienan.

La genética se convirtió en el asunto principal que parece concierne a toda la población. Los genes, genomas y la manipulación genética tomaron una delantera impresionante que cristaliza y las sobrepasa con la clonación, con la posibilidad de hacer copias humanas, como se hizo con las ovejas, en tanto culminación del deseo de inmortalidad de la especie que ve ahora, con las células madre obtenidas de productos clonados, la posibilidad de recambio de las que se dañan por la vida, órganos y tejidos que se deterioran por la cronicidad de las lesiones que ocasiona durar, ahora, sí, con la posibilidad de corregir el envejecimiento, con juventud, lo que supera los temas de la mitología, larga vida y decrepitud, asquerosos, que perduraban a pesar de ellos mismos cual Títonos que tuvo que sufrir el olvido de Aurora para ser luego su desecho, ahora vigorosos y radiantes quebrando todos los límites actuales, reproducción, demografía, familia, visión del otro todos los principios que regían la vida de acuerdo con la Modernidad, sin que se vislumbre siquiera cómo se organizará el futuro que, con las herramientas a disposición, y de la forma como hemos entendido la vida y la postura frente al mundo, se piensa que podría no haber futuro. Pero sí lo habrá, con una nueva Ilustración que debe partir de postular y hacer efectiva la primacía del conocimiento, del acceso real al conocimiento compartido por la sociedad, que debe alcanzar

su propio poder de decisión, ilustrada, que debe hacer realidad real el pluralismo que tanto se pregona. Una mirada cercana podrá detectar que las imposiciones, de todo tipo, son el principal generador de violencia.

## BIBLIOGRAFÍA

Bachelard, G. (1985), *La formación del espíritu científico*, Siglo XXI, México.
Bronowski, J. (1980), *A sense of the future*, MIT Press, Cambridge (Mass).
Bronowski, J. (1980), *Ciencia y valores humanos*, Lumen, Barcelona.
Jacob, F. (1998), *El ratón, la mosca y el hombre*, Crítica, Barcelona.
Kant, E. (1999), *En defensa de la Ilustración*, Alba, Barcelona.
Kant, E. (1999), *Hacia la paz perpetua*, Biblioteca Nueva, Madrid.
Medawar, P. (1984), *The limits of science*, Harper & Row, New York.
Medawar, P. (1997), *El extraño caso de los ratones moteados*, Crítica, Barcelona.
Sarton, G. (1957), *Six wings, Men of science in the Renaissance*, Indiana University Press.
Yunis, E. (2001), *Evolución o creación, genomas y clonación*, Planeta, Bogotá.
Yunis, E. (2003), *¿Por qué somos así?,* Temis, Bogotá.
West, M. (2003), *The immortal cell*, Doubleday, New York.

# COMUNICACIÓN PÚBLICA DE LA CIENCIA. HISTORIA, PRÁCTICAS Y MODELOS

*Carmelo Polino y Yurij Castelfranchi*

## 1. CIENCIA, COMUNICACIÓN Y SOCIEDAD: NUEVAS ARISTAS Y ENFOQUES

Una de las características tal vez más sugestivas de la tecnociencia contemporánea se encuentra en el papel cultural, político y epistémico multiforme que las prácticas de comunicación pública de la ciencia y la tecnología están asumiendo en la gran mayoría de los países centrales industrializados y en muchos de los emergentes. El inmenso aparato de construcción colectiva de saberes colectivamente utilizado, que Pierre Bourdieu (2003) sugiere como descripción de la ciencia, se transformó profundamente en los últimos cincuenta años. Las interacciones entre ciencia, tecnología, industria, mercado, finanzas, etc., se volvieron cada vez más intensas, complejas y transversales. El vocabulario y las prácticas sociales y epistemológicas de los científicos (la interdisciplinaridad y el trabajo en red, etc.), así como las estructuras institucionales de la ciencia pasaron —después de la Segunda Guerra Mundial y, más aún, a partir de la globalización económica y del fin de la guerra fría— por reconfiguraciones relevantes (Price, 1963; Ziman, 2000; Nowotny *et al.*, 2001; Gibbons *et al.*, 1994; Echeverría, 1999 y 2003; Bloor, 1976; Bijker *et al.*, 1987; Callon, 1986; Latour y Woolgar, 1979). Más que nunca, hoy es imposible hacer ciencia asumiendo la vieja metáfora de la «Torre de Marfil», por fuera de las dinámicas y los debates sociales. Empresas biotecnológicas y científicos universitarios; constructoras de usinas hidroeléctricas e industrias de celulosa; médicos que experimentan un nuevo medicamento y compañías de telefonía celular: cualquier actor que realice investigación, que coloque en el mercado aplicaciones tecnológicas, o hasta aquel que persigue un conocimiento no instrumental sobre fenómenos natura-

les precisa, cada vez más, explicar —e incluso negociar— lo que hace y por qué. Biotecnólogos poco interesados en dar cuenta de cómo y por qué realizan sus investigaciones con OGM corren el riesgo de ver sus cultivos experimentales destruidos por activistas ambientales, o verse sorprendidos por el increíble acontecimiento de un referéndum (como sucedió en Suiza en el año 1998) que puede llevar a la prohibición del uso de organismos transgénicos hasta en el interior de los laboratorios (Castelfranchi, 2002); físicos europeos y norteamericanos que no sean capaces de justificar sus proyectos en función de la racionalidad económica dominante (basada en cálculos de riesgo-beneficios a mediano plazo, en la competitividad económica, en términos de productividad, de generación de empleos, etc.) no conseguirán los gigantescos recursos que en la época de la guerra fría recibían con relativa facilidad para construir aceleradores y detectores de partículas; biólogos y médicos que no estén dispuestos a explicar, escuchar y negociar el cómo y el porqué de la experimentación animal, o sus protocolos experimentales con humanos, pueden ver cómo sus investigaciones se ven obstaculizadas de formas inéditas (Castelfranchi y Pitrelli, 2007).

En este artículo repasamos, en primer término, la historia de la comunicación de la ciencia con el objetivo de comprender cómo a lo largo de los siglos se fue gestando un modelo clásico que confina las prácticas de comunicación a simple divulgación científica y concibe la relación ciencia y públicos en términos deficitarios. Posteriormente, revisamos las consecuencias del «modelo de déficit» y las críticas contemporáneas a las que fue sometido. Finalmente, centramos la discusión en el marco de la tecnociencia contemporánea y sus consecuencias para la participación ciudadana, a fin de mostrar que la «divulgación», como modelo comunicativo, es apenas un recorte parcial e incompleto en la época tecnocientífica, en la cual las dinámicas de ósmosis y mutua influencia entre mercado, cultura, política, conocimiento y técnicas se tornaron más capilares y complejas. En la tecnociencia contemporánea, las prácticas de comunicación pública, mucho más allá de poder considerarlas sinónimo de divulgación, implican una red compleja de flujos y de intercambios de informaciones entre grupos sociales variados, que no siempre tienen científicos y especialistas como único punto de partida y no siempre tienen divulgadores, periodistas o educadores como mediadores. En el siglo XXI, la comunicación pública de la ciencia no es una elección u opción; es una necesidad y, al mismo tiempo, un proceso fisiológico intrínseco al funcionamiento de la racionalidad de las democracias capitalistas modernas.

## 2. CIENCIA, COMUNICACIÓN Y REPRESENTACIONES CULTURALES

En la Antigüedad hubo ejemplos de extraordinarios comunicadores de la historia del pensamiento y de las ideas técnicas o «científicas»; basta pensar en la «divulgación» histórica y antropológica, *ante litteram*, de Heródoto; la «popularización» del atomismo hecha por Lucrecio, o la historia natural de Plinio. Pero el surgimiento de una comunicación de la ciencia pensada para públicos amplios y «legos» debe situarse en Europa entre los siglos XV y XVII, y está íntimamente asociada a innovaciones técnicas como el invento y difusión de la imprenta; a la revolución científica y el Renacimiento; a la expansión de las ciudades y a las profundas transformaciones que propiciaron la creación de la burguesía y el acceso de nuevas clases sociales a la alfabetización.

Entre los siglos XV y XVII, el horizonte del conocimiento humano se abrió hacia nuevos mundos geográficos, biológicos, astronómicos, tecnológicos y epistemológicos. La crítica al principio de autoridad y el elogio al cambio y a la libre discusión de ideas llegó debido a la recuperación y la alabanza de los saberes manuales, prácticos y mecánicos (Rossi, 2000; Beretta, 2002), a la avalancha de datos, observaciones y descubrimientos sobre fenómenos físicos y organismos biológicos en abierta contradicción con el saber codificado, y también gracias a la «revolución informática» causada por la imprenta y a una nueva actitud que observaba la comunicación y difusión libre de las ideas como un valor positivo. De esta forma nació gradualmente un gran elemento que estructuró la representación cultural de la ciencia en Occidente: la noción de progreso. El progreso se constituyó como una de las ideas fundadoras de la Modernidad; los modernos no eran menos sabios que los antiguos[1]. El adjetivo del latín *novum* se volvió una palabra clave en decenas de libros (Rossi, 2000). Y el surgimiento de este nuevo tiempo y de los nuevos conocimientos se comenzó a celebrar y comunicar no solamente en libros: en la segunda mitad del siglo XV, figuras como Bernard Palissy, artista y filósofo natural, decidieron comunicar y debatir el saber científico en lengua vulgar, y ya

1. En 1602, Tommaso Campanella resume la extraordinaria transformación que todos los pensadores de la civilización renacentista habían percibido. En *La ciudad del sol* escribió que «hay más historia en cien años que aquella que el mundo alcanzó en cuatro mil; y más libros fueron hechos en estos cien que en los anteriores cinco mil». La Modernidad se caracterizó por la oscilación entre la euforia sobre la novedad y el miedo al cambio en la dirección de lo ignoto: «modernos significa estar en un ambiente que promete aventura, poder, alegría, crecimiento, transformaciones de nosotros y del mundo y que, al mismo tiempo, amenaza con destruir todo lo que tenemos, todo lo que conocemos» (Berman, 1983).

no más en latín, y no solamente en libros, sino también en grandes conferencias públicas. En esta época nacieron los teatros anatómicos, donde se exponían cadáveres para que los observaran un público de estudiantes de Medicina y, a veces, para damas y caballeros curiosos. Asimismo, a fin de que se pudiera admirar la *naturalia*, *artificialia* y *exotica* (animales y plantas descritos y conservados, nuevas máquinas inventadas, u objetos minerales y vivos descubiertos en las exploraciones geográficas) se crearon innumerables *wunderkammern*, «gabinetes de maravillas», que hacían el deleite de todos. La comunicación de los nuevos conocimientos se fue tornando así una actividad central para los filósofos naturales de la época y, al mismo tiempo, en un factor decisivo en el proceso de legitimación social de la ciencia (Shapin, 2000; Fehér, 1990). En el Renacimiento, en síntesis, se evocaba la ciencia junto con la novedad, el progreso y las maravillas.

Entre los siglos XVII y XVIII, la ciencia definió sus métodos, discutió sus nuevas propuestas filosóficas y construyó su retórica moderna. Francis Bacon afirmaba que la ciencia, en contraposición a los saberes alquímicos y esotéricos, era una «acción masculina del tiempo», una empresa nueva, «activa y viril», volcada hacia el dominio sobre una naturaleza femenina que debía ser «conducida a un casto matrimonio con un hombre» (Keller, 1985). Imaginando su utopía científica, en la *Nueva Atlántida* escribió que «el fin de nuestra institución es el conocimiento de las causas y de los movimientos ocultos de las cosas para entender los límites del poder humano hasta alcanzar todos los objetivos posibles» (Bacon, [1620] 1997, 71). Así, en el siglo XVII se ampliaron el papel y los mecanismos para la comunicación de la ciencia. Se trataba, por una parte, de narrar, como se había hecho en el Renacimiento, los extraordinarios nuevos mundos que develaba el estudio de la geografía, biología, matemáticas, etc., así como de exaltar la nueva alianza entre los saberes manuales y los teóricos; pero, por otra parte, el objetivo consistía en comunicar y debatir el surgimiento de un nuevo método capaz de generar un saber seguro, universal y objetivo sobre el mundo natural. Y durante esta época, a la invención de espacios (gabinetes, teatros, conferencias) y medios de comunicación (libros, cartas, diálogos, etc.) se sumó la institucionalización de nuevas formas de comunicación, como las revistas científicas y las publicaciones académicas, etcétera.

La irrupción de la ciencia en el mundo social y cultural fue decantando de esta forma mediante la labor de filósofos e intelectuales partidarios de llevar —aunque con objetivos dispares y más bien difusos— el conocimiento científico por fuera de los recintos especializados. Algunos libros, tomando el ámbito de la física, se hicieron famo-

sos. Un ejemplo fueron los que escribió Galileo Galilei (1564-1642), como *El mensajero de las estrellas* (1610) y *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo, ptolemaico y copernicano* (1632). Aunque si bien esta literatura tuvo una influencia notable en las sociedades de la época, fueron las academias y asociaciones científicas —Academia dei Lincei (1600), Academia del Cimento (1651), Royal Society (1660) y Académie des Sciences (1666), etc.— las que dieron un importante impulso a la popularización del conocimiento. Las academias fomentaron la labor de investigación y dieron forma al tejido institucional y también comunicativo de la actividad científica. Y esto ocurrió desde épocas tempranas a partir de las primeras publicaciones institucionales como el *Journal des Savants* (1665) y *Philosophical Transactions* (1665). A comienzos del siglo XVIII, los periódicos literario/científicos superaban ampliamente el centenar en toda Europa. En la representación cultural, la ciencia significaba ahora no solamente novedad y progreso, sino también método, sistema, previsión, organización racional y conocimiento. La naturaleza era un reloj, un gran mecanismo previsible que obedece leyes deterministas, y la ciencia se volvía el instrumento para su control y exploración[2].

Más tarde, con el iluminismo, la ciencia, con su avance progresivo y con su método de dudas y verificaciones, se volvió el símbolo y ejemplo más elevado de la propia razón. Para Voltaire, la ciencia era sinónimo de verdad. En sus *Elementos de filosofía de Newton*, contraponía el nuevo método experimental al antiguo método de los filósofos y comentaba que, «si hay muchas maneras de caer en el error, no hay más que un camino para llegar a la verdad». Ludovico Geymonat (1994), en un clásico ensayo, afirma sobre aquel momento:

> El impulso de la razón ya no opera sólo en el interior de la ciencia para permitir a los investigadores la conquista de nuevos resultados; los filósofos no quieren «conservar para sí lo que han aprendido» ni tampoco concentrar todas sus energías en el desarrollo puro y simple de las verdades científicas, sino en el de divulgarlas de la manera más comprensible para despertar, excitar, iluminar. No ha concluido aún la discusión de una teoría científica o filosófica en los gabinetes de los

2. Era una promesa que, fundiéndose con antiguas imágenes míticas acerca de los peligros del poder y del conocimiento (el fruto prohibido, el aprendiz de brujo, Prometeo, Ulises, etc.), representaba al mismo tiempo una amenaza acerca de la cual el propio Bacon era consciente cuando comparaba las aplicaciones tecnológicas con las artes míticas de Dédalos: «el hombre que inventó el serpenteo del laberinto también mostró la necesidad de un hilo. Las artes mecánicas […] pueden al mismo tiempo producir el mal y ofrecer un remedio contra él».

> doctos, cuando ya se discute en los salones y, poco después, en las calles y en las plazas (Geymonat, 1994, 43).

La divulgación del conocimiento se había transformado en una actividad consciente de la comunidad científica que nacía. Se comenzaba a planificar como gesto político, justificada por la convicción de que la ciencia era vital para la evolución social y la transformación de la cultura (Raichvarg y Jacques, 1991). La nueva Europa se había acostumbrado a dar crédito a la idea de que los viejos dogmas habían sido desterrados por las ideas centrales de la Modernidad. Europa se veía a sí misma como una civilización cimentada sobre las vigas de los derechos del hombre y del ciudadano, la conciencia individual, la crítica y la razón (Hazard, 1988). La ciencia era la mejor herramienta que la sociedad podía haberse proporcionado para sostener la utopía del progreso. La ciencia se volvía sinónimo de determinismo, universalismo y también de luz de la razón, fuente liberadora de supersticiones y preconceptos, símbolo del conocimiento puro y verdadero para todos. La divulgación de la ciencia pasó a verse, por lo tanto, como parte de un mandato destinado a la iluminación y el progreso de los pueblos. De esta forma, François Rouelle (1703-1770) ofrecía sus célebres «demostraciones» de química en los jardines del Rey, teniendo entre su público a personajes del calibre de Diderot, Condorcet, o Rousseau. El astrónomo Joseph de Lalande (1732-1807) aparecía en Pont-Neuf y, para atraer la atención de los caminantes, comía arañas que llevaba en una cajita de rapé. Una vez que el conmocionado público se había reunido en torno suyo, el científico extraía un telescopio y daba una charla de astronomía práctica a todos los presentes. Bernard de Fontenelle (1657-1757) divulgaba a Descartes en *Conversaciones sobre la pluralidad de universos* (1685), que consistía en una explicación sobre el cosmos a una marquesa ficticia; en tanto que Voltaire (1694-1778) explicaba una nueva física en *Éléments de philosopie de Newton* (1738). En las cortes, las plazas, los teatros, y hasta en libros de poesía, la ciencia hacía un «ingreso triunfal». En 1738, Jacques de Vaucanson (1709-1782) viajaba por Europa mostrando sus célebres *automata* (entre otros, un imaginario pato mecánico capaz de nadar, comer, digerir y defecar), exhibiendo ante damas y caballeros de qué forma la naturaleza podía ser reproducida y explicada por medio de mecanismos. La ciencia iluminista era para todos y todas, puesto que también las mujeres de clase alta eran vistas como destinatarias importantes para las luces de la razón; G. W. Leibniz (1646-1716) intercambiaba cartas con algunas de sus protectoras aristocráticas, las cuales posteriormente darían lugar al libro *Filosofía para prin-*

*cesas*; Giuseppe Compagnoni (1754-1833) escribía el texto *Química para las mujeres*; Francesco Algarotti (1712-1764), *El newtonianismo para las damas* (1737); o bien Leonhard Euler (1707-1783), *Cartas a una princesa de Alemania sobre diversos temas de física y de filosofía* (1768), un compendio de la ciencia de aquel momento.

En este cuadro general se fue fraguando una obra revolucionaria: la *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers, par une société de gens de lettres* (1751 y 1772), más conocida como la *Enciclopedia*. Los mentores principales de esta ambiciosa obra de reparto del saber (escrita en francés y no en el docto latín) eran Jean Le Rond D'Alembert (1717-1783) y Denis Diderot (1713-1784). Para Pierre Fayard (1988), la *Enciclopedia* fue la primera obra verdaderamente de divulgación de la Modernidad. Geymonat (1994, 43) sostiene que «a través de la Enciclopedia los iluministas franceses, como Voltaire, Montesquieu, Diderot o Rosseau [...] irradian su propia acción hacia estratos cada vez más amplios de la cultura, forman nuevas conciencias, (y) alimentan orgullosas esperanzas». Para Ramón Soriano y Antonio Porras (1998), se trata de «un punto de referencia insoslayable para conocer las pautas ideológicas y los saberes técnicos del siglo XVIII [...] ofrece al gran público el resultado de un primer esfuerzo de elaboración, interpretación y síntesis, aproximando la magnitud de los grandes textos de los clásicos al alcance del lector medio. [...] La *Enciclopedia* cumple en este ámbito su trascendental función divulgadora y sistematizadora de los conocimientos del siglo». Como dirá Jean D'Alembert (1717-1783) en el discurso preliminar, «... en la obra que anunciamos, se ha tratado de las ciencias y de las artes en forma que no presupone ningún conocimiento preliminar. [...] De donde inferimos que esta obra podrá, al menos algún día, hacer las veces de biblioteca para un hombre profano»; y finalmente agregaba que la Enciclopedia «... contribuirá a la certidumbre y al progreso de los conocimientos humanos, y que, multiplicando el número de los verdaderos sabios, de los artistas distinguidos y de los aficionados inteligentes, dará a la sociedad nuevas ventajas».

### 3. LA CIENCIA POR ENCIMA DEL PÚBLICO: LA EMERGENCIA DEL «MODELO DE DÉFICIT»

Bernard de Fontenelle (1657-1757) escribía a propósito de *Conversaciones sobre la pluralidad de universos* que había querido «hablar de la ciencia en una forma que no fuera científica. He tratado de llevarla a un punto que no fuera demasiado árida para la gente común, ni demasiado superficial para los sabios» (Beltrán Marí, 1982). Las

prácticas de comunicación de la ciencia se han desarrollado en la tensión que supone conciliar la presentación de determinado corpus de conocimiento respetando sus propias especificidades y, al mismo tiempo, evitando estructurar un discurso incomprensible para los no científicos. Esta tensión comenzó a ser evidente cuando la ciencia moderna —hoy considerada clásica— se hizo adulta. Pierre Bourdieu (2003, 89) lo dice así: Con Newton la matematización de la física tiende poco a poco, a partir de mediados del siglo XVIII, a instaurar una ruptura social entre el profesional y el aficionado, a separar los *insiders* de los *outsiders*; el dominio de las matemáticas (que se adquiere en el momento de la formación) se convierte en el derecho de acceso y no sólo reduce el número de lectores, sino también el de productores potenciales. La alianza que se produce entre las matemáticas y la filosofía construye un mundo nuevo y reubica al hombre en su relación con el universo natural y social.

La evolución experimentada no abarcó, sin embargo, apenas a la epistemología, al lenguaje y su nivel de abstracción y formalización, o al distanciamiento de la ciencia de la intuición y el sentido común. A partir del siglo XIX, una serie de procesos sociales amplios contribuyeron a la transformación de la filosofía natural en una actividad cuyo sentido social, papel económico y gestión política se reconfiguró. De un lado, los propios filósofos naturales se dedicaron a la operación de reconfiguración política de la ciencia. En muchos textos de historia, el surgimiento de la «ciencia moderna» está asociado al período comprendido entre los siglos XVII y XVIII; aunque no se puede decir lo mismo del término «científico», que recién se usó por primera vez a mediados del siglo XIX, período en que la actividad científica consiguió en Europa legitimarse en las universidades, organizarse en torno a laboratorios, incrementar su visibilidad política y ser financiada con recursos públicos (Rossi, 2000, 311-312; Ziman, 1987, 167-168). En 1799, debido al esfuerzo de Benjamin Thompson, conde de Rumford, se creó la Royal Institution de Londres, un laboratorio científico operado por investigadores asalariados. Hacia 1830, la joven British Association for the Advancement of Science (BAAS) se daba cuenta de que, para referirse a sus miembros —hombres que querían hacer de la ciencia su profesión y no apenas un *hobby*—, faltaba un nombre. A partir del consejo del poeta Samuel Coleridge, se encomendó la tarea a William Whewell quien, en 1833, inventó el término *scientist*. El surgimiento de la BAAS y su decisión de acuñar una nueva palabra estaban vinculados a la necesidad estratégica, percibida por los hombres de ciencia británicos, de reivindicar una posición visible y un papel en la sociedad de la época. Según consigna D. Knight (1998 y 1986), los científicos ingleses

hicieron *lobby*, *ante litteram*, para ganar apoyo público de los políticos y para hacer que el mundo tome conciencia de su trabajo e implicaciones. Se dedicaron a escribir en revistas y a hablar en encuentros públicos: la divulgación, como en la actualidad, no servía únicamente para universalizar el conocimiento, sino también para hacer propaganda.

El proceso de institucionalización de la ciencia en la Inglaterra del siglo XIX no fue repentino ni falto de conflicto. El patrocinio para la investigación se reveló desde un comienzo inestable; los salarios de los (pocos) investigadores eran bajos. Cuando, gracias al esfuerzo político y los discursos públicos de Davy, Faraday y Babbage, nacía la BAAS, la misma asumía la tarea de definir las distinciones disciplinarias de la ciencia y negociar para incentivarla. Este proceso también fue lento. Solamente en la segunda mitad del siglo XIX, los esfuerzos de los científicos ingleses, junto con los visibles resultados de la ciencia aplicada, transformaron la ciencia en una actividad presente tanto en la agenda pública como en el imaginario popular. En este proceso, la comunicación pública, que algunos investigadores llamaban «catecismo científico», y la propaganda, tuvieron un papel preponderante (Bowler y Morus, 2005). En definitiva, en Inglaterra (pero también en Alemania, Francia, y luego otros países), la institucionalización y profesionalización de la ciencia se dio en paralelo a un esfuerzo intenso de negociación que implicó transformar, por medio de la divulgación escrita y de las conferencias públicas, el discurso sobre el valor de la ciencia como una forma de conocimiento fundamental para el progreso y para la humanidad. Cuando a finales del siglo XIX Huxley definió a la ciencia como «Church Scientific», en cierto sentido «había alcanzado de alguna forma esta posición» (Knight, 1998). Una cantidad enorme de libros de ciencia o de divulgación estaban repletos de imágenes de la ciencia como «luz» y ejemplo de actividad moralmente superior: una religión laica para la salvación de la humanidad. Si esta narrativa ingenua era exagerada, no fue tampoco ciertamente la única ni, tal vez, la más significativa. Sin embargo, era reveladora de un hecho relevante: el discurso de la ciencia y de la tecnología había alcanzado una autoridad y una potencia tal que viraba hacia lo sagrado. A fin de obtener este resultado, para los científicos fue preciso utilizar la comunicación como instrumento de difusión y divulgación del saber, o como vehículo para la exaltación simbólica y la euforia al respecto de la actividad de investigación. Pero también fue importante valerse de la comunicación para demarcar confines (Gieryn, 1983), especificidades, territorios. La ciencia debía mostrar su diferencia respecto a otras actividades, así como su utilidad distintiva, especialización, dedicación y competencia de sus cultores. Los años en los que se multiplicaron

las editoriales de divulgación científica, tanto en Europa como en los Estados Unidos, son los mismos en que las sociedades científicas comenzaron a operar una explícita separación, incluso expulsión, de los *amateurs* y diletantes que durante otras épocas habían cumplido un papel social, e incluso cognitivo (Féher, 1990), en la gestación de la «ciencia moderna». La ciencia constituyó reglas de acceso rígidas y severas, separó sus disciplinas en función de cátedras académicas y delineó las normas para la entrada a su vida interior.

En paralelo a la progresiva profesionalización de la ciencia, la comunicación de masas y el nacimiento de un mercado popular para la divulgación científica contribuyeron al surgimiento del «público». Este fenómeno se benefició tanto del diseño de nuevas máquinas de impresión metálicas y alimentadas a vapor como de la ampliación progresiva de la alfabetización en diferentes estratos sociales a consecuencia de la planificación estatal. Hacia 1833, surgió la «penny press», revistas de bajo precio, accesibles a buena parte de la población, lo que hizo que la información científica se volviera una mercadería popular. Y si hasta el final del siglo XVIII la divulgación científica había sido principalmente un pasatiempo placentero y sofisticado para los intelectuales y la aristocracia y para los ricos comerciantes, a partir de ese momento también las clases populares comenzaron a desear un acceso masivo al conocimiento científico.

El éxito de científicos-divulgadores de primer orden como Davy, Faraday, Tyndall, Huxley, Thomson y, fuera de Inglaterra, von Helmholtz, Agassiz, Flammarion, Pasteur, señaló dos importantes mudanzas socioculturales en el siglo XIX[3]. Por un lado, la autoridad y el pres-

3. Sir Humphry Davy (1778-1829) y, más tarde, Michael Faraday (1791-1867), su brillante alumno, fueron científicos y divulgadores excepcionales al mismo tiempo. El joven Davy conseguía atraer a inmensas multitudes para asistir a sus exhibiciones de química, que eran «tan atrayentes para un público de gente rica como el teatro o los conciertos de Londres» (Knight, 2000). La multitud que llegaba con sus carruajes para asistir a las conferencias de Dayy congestionaba Albemarle Street, a tal punto que se hizo indispensable transformar la calle en la primera de sentido único de Londres. Su asistente, que como él no provenía de la clase alta, Michael Faraday, incluso fue más famoso que su propio maestro. Su libro *Historia química de una vela* es una obra capital de la divulgación de la época victoriana. En 1826 sustituyó a Davy como profesor de Química y conferencista en la Royal Institution; dedicó a esta última actividad su vida entera, creando, por ejemplo, un ciclo de conferencias de Navidad dedicadas a niños y adolescentes que continúa hasta el presente: después de Faraday, científicos de gran renombre, como John Wallis, John Tyndall, James Dewar o Sylvanus Thompson, dieron también conferencias. Actualmente, las conferencias, que se transmiten por televisión, han sido dadas por científicos-divulgadores, como Carl Sagan, David Attenborough, Richard Dawkins, Lewis Wolpert y Max Perutz.

tigio crecientes de la figura del científico. Por otro lado, el deseo de distintas clases sociales (ya no solamente de las altas) de acceder, o por lo menos asistir, al desarrollo de la ciencia. Para muchos científicos y sus asociaciones profesionales, la divulgación había representado una acción estratégica a fin de obtener reconocimiento público y recursos para la investigación. Al mismo tiempo, el discurso científico fue recibido y utilizado instrumentalmente tanto por la aristocracia como por la burguesía, por los conservadores y también por los progresistas y socialistas. Al inicio de la Revolución Industrial, las personas cultas solían frecuentar las conferencias públicas por deleite. La divulgación era una forma elegante de diversión, un placer para el intelecto. Los latifundistas y los dueños de las minas tenían también motivaciones más prosaicas, pues intuían que la investigación aplicada podía ser un instrumento determinante para competir en el mercado capitalista. En el otro extremo de la clase social, los operarios intentaron acceder a la divulgación porque visualizaban que la adquisición de competencias técnico-científicas mejoraría su cualificación para el mercado de trabajo (Gregory y Miller, 1998, 21). Cuando Sylvanus Thompson dio una conferencia pública en Cardiff se colocaron trenes especiales para centenas de trabajadores que llegaron desde las minas. En Yorkshire, tres mil quinientos trabajadores de los molinos asistieron a sus *lectures*.

Muchas personas creían, además, que la comunicación pública permitiría alcanzar objetivos políticos. Para una parte de la burguesía, la concepción iluminista de la ciencia como instrumento de liberación del yugo opresor de la superstición hacía de la divulgación uno de los instrumentos para la modernización de los Estados nacionales. Por otra parte, los conservadores imaginaron que la divulgación científica podría ser utilizada para justificar el orden social: mostrar el ordenamiento del cosmos y sus leyes podía ser una metáfora útil para la idea de un orden establecido en la sociedad, decidido por Dios, que se expresaba, por ejemplo, en la división de clases (Gregory y Miller, 1998). Los socialistas, por el contrario, encontraron en la ciencia un aliado universalista y materialista para la liberación de las masas oprimidas, y por eso su comunicación tenía una clara función emancipadora.

La especialización del conocimiento científico y su lenguaje; la división del trabajo intelectual en disciplinas cada vez más separadas, formalizadas y abstractas; la necesidad política y epistémica de la demarcación de confines; el surgimiento de las «masas»; la emergencia de un mercado para la información (y la divulgación) fueron produciendo que, a lo largo del siglo XIX, la divulgación de la ciencia se convirtiera en sinónimo de «traducción», «simplificación» de un saber producido por pocos (y accesible para pocos), pero dirigido a las masas, constitui-

das por individuos en apariencia incompetentes e incapaces de alcanzar por sí mismos la verdad, o de participar activamente en la producción del conocimiento. El público de la ciencia, en construcción, quedaba por fuera y sólo podía asistir, como «mera comparsa» (Ordoñez y Elena, 1990), al espectáculo desplegado ante sus ojos. La práctica de la divulgación científica quedó fuertemente condiciona en este nuevo escenario, intentando conciliar aquella distancia entre los «productores» y los «receptores» del conocimiento. De alguna manera, a partir del siglo XIX se revitalizó la ancestral distinción entre «sabios» e «ignorantes», llegando a nuestros días cubierta bajo la apariencia de la metáfora del «lego» y el «experto»; aunque este problema es uno de los pilares de la divulgación de la ciencia clásica (Polino, 2004).

En el devenir histórico, las actividades de divulgación científica han tendido, por lo tanto, a consolidarse como estructuras pedagógicas basadas en la diseminación de conocimiento científico desde distintos canales hacia un público en general indefinido y supuestamente homogéneo (Logan, 2001; Einseidel y Thorne, 1999; Lewenstein, 1992). De esta forma se ha ido construyendo un «modelo clásico» que finalmente termina reduciendo comunicación —según una concepción muy difundida— a mera divulgación científica. Bajo dicho parámetro, la comunicación consiste simplemente en una adaptación de determinados corpus de conocimientos científicos y técnicos para que puedan ser llevados a una audiencia masiva, fuera de los límites de la academia y de la comunidad científica, esto es, hacia la amplia mayoría de la sociedad[4]. En este esquema clásico, los términos *divulgación* y *comunicación* son intercambiables e indican que el principal objetivo es dar cuenta de los conocimientos científicos a los que hay que cuidar de no corromper (el problema de la distorsión del mensaje). Asimismo, la comunicación es un relato divulgativo sobre portentos y maravillas. En la visión clásica se asume que se debe compartir, distribuir, el saber, y educar. Por eso no llama la atención que muchos científicos preocupados sostengan que, siendo la ciencia tan importante, y conociendo el público tan poco sobre ella, lo que la comunicación tiene que hacer es asumir dicha función pedagógica. De ahí se derivan algunas metáforas

4. Dicho sea de paso, para referirse a la sociedad (o al público de la ciencia) se han inventado rótulos que se usan indistintamente, como «gran público», «sociedad en general» o «no especialistas», que coexisten con denominaciones ideológicamente comprometidas, como «ciudadano común», «legos», «profanos» u «hombres de a pie». Todo lo cual muestra que la relación entre la comunicación clásica y los públicos de la ciencia, además de basarse en un bienintencionado acto de reparto del saber, también tiene elementos de tensión *sui generis*.

significativas de amplio uso que ejemplifican una tensión estructural en la relación ciencia y públicos. Por ejemplo, «la metáfora del puente», donde la divulgación científica es un puente que conecta la ciencia, a los científicos, con la sociedad y la cultura, que se ubican al otro lado de la orilla. Esta metáfora parte asumiendo una rígida frontera entre ciencia y sociedad (o ciencia y cultura). Otra gran metáfora que introduce la cuestión de los mundos escindidos es la «metáfora de la traducción», que atribuye a la divulgación científica la función de traducir el lenguaje de la ciencia a un lenguaje ordinario y confina a la comunicación, como se dijo, a un acto de adaptación de contenidos. El axioma fundamental de la comunicación clásica introduce un modelo comunicativo con fronteras bien definidas entre un contexto de producción de retórica científica y otro de aplicación o recepción ubicado en la arena pública. La ciencia produce «hechos científicos» y éstos se transforman (se adaptan) y difunden a una audiencia más amplia a través de libros de alcance popular, portales de internet, artículos de revistas de divulgación científica especializadas, noticias periodísticas, documentales televisivos, etc. Este modelo, a su vez, está emparentado con las visiones esencialistas que durante buena parte del siglo XX dominaron la reflexión filosófica, epistemológica y sociológica de la ciencia. Por lo tanto, el modelo clásico forma parte de la herencia cultural aprendida, memorizada y repetida por generaciones de científicos y, también, por ejemplo, por divulgadores y periodistas que asumen que su «función» consiste en ser los «portadores de la verdad» científica, la correa de transmisión de mundos inconexos.

## 4. LA CRÍTICA ACADÉMICA AL «MODELO DE DÉFICIT»

El modelo tradicional de comunicación fue bautizado por la tradición anglosajona como «modelo de déficit». J. Gregory y S. Miller (1998, 86) señalan que la tradición de la divulgación científica ha concebido que «ciencia y público están en las puntas opuestas de una trayectoria, con periodistas y otros mediadores en algún lugar en el medio». La ciencia, entonces, «es vista como una avenida para acceder a resultados seguros, y a los científicos —en la difusión de estos resultados— como el recurso inicial». Los «laicos» son comprendidos puramente como recipientes de esta información. El «modelo de déficit» de comprensión pública de la ciencia

> ... concibe la mente de los laicos como un cubo vacío en el cual los hechos de la ciencia pueden y deberían ser vertidos [...] como modelo de popularización dominante, el «modelo de déficit» localiza

el conocimiento y la especialización exclusivamente de parte de los científicos y los mantiene por encima de la multitud (Gregory y Miller, 1998, 89).

En el contexto de este modelo, la comunicación de la ciencia es vista principalmente como un «espejo sucio», una forma de traducción, inoculación y simplificación del conocimiento científico, imaginado como externo a la sociedad (Castelfranchi y Pitrelli, 2007). Bajo estos supuestos, el trabajo del divulgador científico y comunicador de la ciencia puede ser ambicioso desde un punto de vista técnico, delicado desde una perspectiva deontológica y cultural[5], aunque aparece como relativamente poco problemático desde una visión epistemológica y sociológica, dado que se lo ve como un mero transmisor de datos, hechos y conceptos externos a él y a su audiencia. De sus prácticas son analizadas mucho más las distorsiones (sensacionalismo, errores de interpretación, etc.) que los componentes culturales importantes (contextos, metáforas, implicaciones sociales, económicas, debates políticos) que la comunicación facilita a los datos, a las teorías o a los descubrimientos científicos.

J. Gregory y S. Miller (1998) argumentan, sin embargo, que, por lo general, los científicos adoptan casi naturalmente el esquema vertical y unidireccional del «modelo de déficit», lo que acarrea una mirada lineal sobre el proceso de comunicación y reduce a la mínima expresión el *feedback* que se produce entre el emisor y el receptor. Al adoptar este modelo, también se adopta una concepción ingenua del público que no permite tomar en cuenta cómo la información que éste recibe interactuará con sus conocimientos y actitudes previas; y que obliga a ignorar, por ejemplo, cualquier demanda relevante de conocimiento que el público pueda tener para sus situaciones individuales. La

5. En un libro fundacional para el análisis de la cultura y la epistemología de la comunicación, publicado a principios de los años setenta, P. Roqueplo cuestionaba seriamente la posibilidad de que se pudiera trasladar el «saber objetivo» de la ciencia al público. El autor se preguntaba si la divulgación constituye un verdadero reparto del saber: «¿puede decirse, en verdad, que lo que así se difunde y transfiere es el saber? En cierto sentido, sí, porque ¿de qué otra cosa se trata? En otro sentido, no; porque, al término del proceso, el saber sólo está representado y ha perdido su especificidad de saber objetivo» (Roqueplo, 1983, 110). En opinión del autor, la divulgación construye un sistema de representaciones sobre la ciencia. Ello impide que pueda *enseñar* ciencia y, por consiguiente, la misión de la divulgación es imposible. Roqueplo concluía que «si de verdad se quiere que la proximidad ya real de las ciencias, en el seno de nuestro ambiente concreto, sea, en efecto, asumida como una apropiación real de ese ambiente, no se puede apostar a la divulgación científica, cualquiera que sea, por lo demás, su eficacia cultural» (Roqueplo, 1983, 148).

adopción del «modelo de déficit» limita en este sentido la práctica de la comunicación de la ciencia a una mera distribución —en apariencia neutral— de información científica en la sociedad, bajo el supuesto de que cuanto menor es el grado de información, mayor es el grado de oposición a la ciencia (Millar y Wynne, 1988; Levidow y Tait, 1992). Las actitudes de la sociedad (definidas como disposiciones para la acción) parecieran depender del nivel de conocimiento de los individuos. Pero la comprensión de la ciencia también depende de forma crucial de creencias, valores y del entorno social —esto es, los grupos y sus pautas culturales, históricas e institucionales— en el cual el conocimiento se vuelve operativo (Irwin y Wynne, 1996, 441); aunque no es aprehensible desde la perspectiva del modelo de déficit cognitivo.

En los últimos quince años ha habido una profunda revisión de este modelo tradicional y de sus implicaciones para las prácticas de comunicación, el análisis de la percepción social, la cultura científica y la participación ciudadana. La crítica al «modelo de déficit» se ha retransformado en un elemento central de la literatura especializada (Van der Sanden y Meijman, 2008; Bauer *et al.*, 2007; Bauer y Bucchi, 2007; Sturgis y Allum, 2004; Gregory y Miller, 1998; Bucchi, 1998 y 1996; Myers, 2003; Fayard, 1988 y 1993; Nelkin, 1990; Lewenstein, 1992 y 1994; Bauer *et al.*, 1993; Durant, 1992). En contraste con el enfoque tradicional se han propuesto otros modelos basados en la interactividad entre la ciencia y sus públicos (Gregory y Miller, 1998). En líneas generales, estos modelos postulan que la empresa científica se halla embebida por la incertidumbre y la idea de que la ciencia no puede ser separada de sus conexiones sociales e institucionales, y que ello tiene consecuencias prácticas para la comunicación (Einseidel y Thorne, 1999). En este esquema, además, se afirma que el flujo de conocimientos no siempre fluye desde los científicos hacia el público de una manera unidireccional, sino que implica que éste podría ser compartido o, incluso, multidireccional (Logan, 2001, 136; Greco, 2004). Se han pensado, en consecuencia, modelos más interactivos, de diálogo o de red, donde la comunicación es un proceso de múltiples vías que depende tanto de los intereses de la comunidad científica y de otras autoridades sociales como de la audiencia (Lewenstein, 1995, 349). También como reacción al «modelo dominante» (Hilgartner, 1990) del déficit cognitivo de naturaleza lineal, algunos autores se han visto obligados a desempolvar las conclusiones de los primeros estudios en comunicación de masas que provenían de teorías psicológicas y sociológicas: los sujetos no son receptores pasivos y vacíos de información, sino que, por el contrario, procesan la información que reciben, negocian su significado y la reinterpretan e integran en el contexto de sus creencias,

valores e intereses. Se propusieron, por lo tanto, modelos para una comunicación de la ciencia y de la tecnología (especialmente en el área de la salud y de la comunicación del riesgo) preocupada por el contexto, y no solamente una «traducción» de los datos científicos que deben ser transmitidos (Slovic, 1987; Krimsky y Plough, 1988). Otros autores, como B. Wynne (1989), enfatizaron la importancia de tener en cuenta el «conocimiento lego» (*lay-expertise*, *lay-knowledge*). En estos enfoques se apela al hecho de que las personas utilizan conocimientos no académicos junto con información que proviene de los medios para la construcción de una visión del mundo y de la ciencia y la tecnología a fin de tomar decisiones relevantes en la vida cotidiana.

## 5. TECNOCIENCIA, COMUNICACIÓN Y PARTICIPACIÓN SOCIAL EN EL SIGLO XXI

Mientras tanto, y antes de que la reflexión sociológica sobre la comunicación de la ciencia abordara el tema, las limitaciones de las prácticas de comunicación lineal, ausentes de diálogo, ya se habían hecho evidentes. A raíz del fortalecimiento de movimientos sociales transversales (ambientalismo, feminismo, movimientos estudiantiles, etc.), con la crisis del fordismo-keynesianismo, la globalización y flexibilización y con el fin de la guerra fría, el funcionamiento de las democracias capitalistas asumía características cada vez menos compatibles con una «tecnocracia» simple y lineal en que los especialistas toman decisiones y el «público lego», a posteriori, es educado e informado por medio de la divulgación.

Las recombinaciones y mutaciones de la relación entre ciencia, técnicas y capitalismo de las últimas décadas llevaron a una configuración contemporánea peculiar, que posee algunas diferencias marcadas con respecto a la ciencia de la Revolución Industrial y a la *Big Science* o macrociencia de la guerra fría. Algunos autores hablaron de una transición en dirección hacia una ciencia «posacadémica», en la cual la ciencia básica y la aplicada, la pública y privada se van fundiendo —y confundiendo— unas con otras (Ziman, 2000). Una de las evidencias de transformación es que, como apuntara J. Ziman, la ciencia tradicional fue cambiando «ante nuestros ojos», transformándose en algo nuevo, en ciencia «posacadémica», que desempeña un nuevo rol en la sociedad y tiene valores epistémicos y extraepistémicos nuevos (Ziman, 2000, 68). Otros han propuesto la caracterización de un «nuevo modo de producción de conocimiento científico» donde prevalece el carácter interdisciplinario y la lógica del «contexto de aplicación», y en el cual los problemas que abordará la ciencia son definidos desde

el inicio en un diálogo entre un número grande de diferentes actores (Novotny *et al.*, 2001; Gibbons *et al.*, 1994). Asimismo se ha dicho que en la transición evolutiva desde la macrociencia a la tecnociencia se produjo una revolución que modificó profundamente la práctica científica e introdujo una nueva axiología (Echeverría, 1999 y 2003). Y otros autores han hablado incluso de una ciencia «posmoderna» (Sousa Santos, 2000) o «posnormal» (Funtowicz y Ravetz, 1997). Desde este punto de vista, el «ideal» de la ciencia académica basada en el *ethos* y las normas descritas por Robert K. Merton (1973)[6] se ajusta muy poco a la «ciencia real» (Ziman, 2000).

Se puede estar de acuerdo con la idea de que ha habido rupturas estructurales, o bien pensar que simplemente ocurrió una reorganización de las prioridades de investigación y desarrollo en las políticas de ciencia y tecnología[7]. Sin embargo, no hay duda de que, en las últimas décadas del siglo XX, la crisis del régimen fordista, el afianzamiento de la globalización financiera y la flexibilización del mercado; la penetración capilar de las tecnologías de la información en el mundo del trabajo, los negocios y la investigación, y la difusión poderosa de la racionalidad de gobierno neoliberal estuvieron ligadas a modulaciones interesantes y particulares en el campo de la tecnociencia.

En primer lugar, ocurrieron una serie de reconfiguraciones en el mundo capitalista. Para algunos no habría una ruptura de paradigmas ni el surgimiento de un nuevo capitalismo, sino una modificación en el «régimen de acumulación» que, actualmente, de forma diferente al régimen fordista, estaría dominado por la lógica financiera (Chesnais, 2002). Para otros autores, la globalización produciría una mutación estructural del capitalismo fordista y el «posfordismo» desembocaría en un «capitalismo cognitivo» (Moulier-Boutang, 2003, 36-37). Otros enfatizan cómo la compleja interacción entre trabajo y nuevas tecnologías (especialmente, las tecnologías de la información y comunicación, TIC) conducirían a una «virtualización» del trabajo (Castells, 1999; Negri y Hardt, 2001). En la nueva economía global informacional, la naturaleza del trabajo humano se vería alterada de manera

6. Las normas mertonianas prevén que los científicos se comporten buscando universalismo, «comunalismo», desinterés, escepticismo y originalidad.

7. Por ejemplo, P. Weingart (1997) pondera que los llamados «nuevos modos» de producción de conocimiento, o nuevos «contratos sociales», para la ciencia no serían más que «vino viejo en botellas nuevas»; en tanto que, según T. Shinn (1999), más allá de que especular sobre una supuesta redefinición radical de la ciencia se ha tornado una «moda», quienes proponen una discontinuidad radical entre la ciencia de nuestra época y la precedente cometen el error de ver los «cambios» como «mutaciones», esto es, de no percibir que el cambio es, desde siempre, una característica fisiológica de la ciencia.

fundamental (Lazzarato y Negri, 2001), a medida que el trabajo se fue transformando en «inmaterial» o «cognitivo» (Cocco *et al.*, 2003).

Se puede adoptar como modelo interpretativo la emergencia de un «nuevo capitalismo», o bien simplemente imaginar que se trata de una profundización de las dinámicas existentes y una ampliación de su penetración; sin embargo, se debe admitir que en el capitalismo contemporáneo existen fuerzas y procesos en los que se torna crucial la regulación y el control del conocimiento científico y técnico; en que se amplifica la potencialidad de la ciencia y la tecnología de retroalimentar efectos sociales y económicos marcados. En este contexto, también la cuestión de la propiedad sobre la información y las invenciones y descubrimientos se torna central en la política global.

Los cambios radicales en el sistema de protección de la propiedad intelectual, primero en los Estados Unidos y, más tarde, en el mundo entero (con los acuerdos TRIP), dan cuenta de este proceso de transformaciones. En el mismo período, las políticas de ciencia y tecnología y el financiamiento de la I+D experimentaba una transformación en la mayoría de los países industrializados. Por un lado, los recursos para investigación, que durante la guerra fría provenían principalmente de los Gobiernos nacionales, pasaron a tener una componente privada crucial, incluso mayoritaria en muchos de los países de la OCDE (véase, por ejemplo, NSF, 2006). Por otro lado, los recursos públicos comenzaban a ser concedidos priorizando proyectos que debían mostrar de manera más directa e inmediata su utilidad social o económica. En el contexto de una racionalidad y de un discurso en que se concibe el conocimiento como la materia prima y elemento central para el desarrollo capitalista, surgen prácticas y enunciaciones en que la producción y circulación de conocimiento científico y técnico debe manejarse de forma adecuada, más eficiente, más calculada, más directamente ligada al lucro, a los «beneficios sociales», a la «seguridad nacional».

A partir de la crisis del fordismo-keynesianismo en la década de 1970 (Harvey, 2006; Dupas, 2006, 139-145), y más aún especialmente a partir da década de 1980, el conocimiento, más allá de que sea técnicamente un bien «no rival»[8], ya no es más un *public good* o

8. En economía, un bien es «no rival» cuando el consumo de dicho bien por un individuo no reduce la cantidad a ser potencialmente consumida por otros. Los bienes intelectuales son un ejemplo clásico de bienes no rivales (Simon y Vieira, 2007): dar una idea a alguien no elimina nuestra posibilidad de continuar usando aquella idea. Los derechos de propiedad intelectual (patentes, *trade-mark*, *copyright*, etc.), que crean formas de apropiación de bienes no rivales son, justamente por eso, instrumentos centrales del capitalismo contemporáneo. Véase, por ejemplo, Lazzarato (2003).

un *common*[9]. La ciencia, como ya aconteció con otros *commons*, es narrada y tratada como pasible de apropiación, sea porque es patentable o registrable, sea porque su uso puede verse restringido por exigencias de secreto industrial o seguridad nacional. Cada vez más se enfatiza la economía y la productividad de la ciencia, tanto en las empresas como en las instituciones de enseñanza superior; y esto ocurre a medida que los *policy-makers* y los políticos buscan incentivar la innovación y diseñar fuertes conexiones entre la *performance* científica y las estructuras económicas emergentes. En el repertorio de enunciaciones sobre ciencia, tecnología, desarrollo y sociedad emergen eslóganes que parecen reivindicar una reconfiguración del papel de las universidades y de la investigación. Dentro de ellos, sobresale el discurso acerca de la «necesidad» y el «desafío» de generar «universidades emprendedoras» capaces de actuar en virtud de una «comercialización de la investigación». Consecuentemente, la Universidad debe ser capaz de saber transferir el conocimiento hacia el sistema productivo y la sociedad toda (Etzkowitz, 2001). La sociedad del conocimiento precisa de universidades del conocimiento gestionadas como empresas. El discurso tecnocientífico, las prácticas políticas y empresariales de investigación, tienden cada vez más a comprar y vender ciencia como parte integrante del sistema económico y de la seguridad nacional. La investigación científica, y su entrelazamiento con las técnicas del mercado, incorporan nuevas consignas, y los científicos, como los trabajadores en general, también deben lidiar con nuevas normas y un nuevo *ethos*.

El capitalismo financiero está atribuyendo un valor monetario a la propiedad intelectual incluso antes de que los productos estén disponibles para el mercado (Rabinow, 1999, 166). Los genes son patentados como «invenciones» mucho antes de que se desarrolle algún remedio o algún organismo transgénico a partir de ellos. Las empresas biomédicas ven subir el valor de sus acciones en la bolsa solamente por haber anunciado un descubrimiento o una posible patente, un avance virtual, una vacuna futura. De esta forma, la tecnociencia alteró o multiplicó el

9. Un *common* es, en sentido estricto, una *common land*: un pedazo de tierra que no pertenece a nadie en la forma de propiedad particular, siendo gestionada por una comunidad local que posee el derecho para su uso colectivo, por ejemplo como alimento para el ganado. Por extensión, *commons* son recursos y bienes que una determinada comunidad hace accesibles por derecho a cada miembro. En muchos grupos indígenas, los nativos ven como *commons* el territorio de caza, la fauna y flora locales, o el conocimiento en general. *Enclosure* es el término utilizado para el proceso histórico en que las tierras comunitarias pasan a ser cercadas y cerradas, de forma tal que el uso se torne derecho exclusivo de algunos en la forma de propiedad particular (véase, por ejemplo, Shiva, 1999).

papel del científico. Actualmente, un científico puede ser al mismo tiempo profesor, administrador, o investigador de una universidad; en el Gobierno puede ser experto contratado para determinados proyectos, consejero militar, diplomático o asesor para problemas estratégicos; en la industria puede actuar como consultor privado o hasta como hombre de negocios (Salomon, 1994, 40).

En el ámbito científico y académico, como en todos los otros «territorios» del trabajo, está creciendo la flexibilización, la tercerización, la precarización: contratos «por hora», contratos a término, contratos por proyecto, etc.; las becas de posdoctorado se están volviendo cada vez más parte de la vida cotidiana, y de las frustraciones, de muchos investigadores, y no solamente de quienes inician su vida académica (LASER, 2002). En áreas fuertemente ligadas a intereses capitalistas (como TIC, inteligencia artificial, biotecnologías, nanotecnologías, biomedicinas), muchos investigadores académicos, pese a que continúan trabajando en las universidades, también se convierten en consultores, empresarios, propietarios de patentes, accionistas de empresas *hitech*[10]; en algunas áreas, «hacer dinero» y hacer «buena ciencia» no son actividades contradictorias o, incluso, hasta son vistas como aliadas (Etzkowitz, 2001). Además, hasta los investigadores universitarios que no poseen vinculación alguna con empresas o con el mundo de los negocios deben lidiar cotidianamente con la lógica del financiamiento en base a proyectos, en términos de eficiencia y eficacia, evaluación de impacto y calidad, etc., para conseguir estudiantes y recursos. De una forma u otra, comunicar es una necesidad para los científicos contemporáneos, y la «divulgación» representa una parte consistente, aunque no la más importante de la comunicación de la ciencia. Empresarios, patrocinadores, políticos, abogados, grupos y movimientos sociales organizados y ONG se han convertido en actores relevantes en la interacción de los investigadores con el resto de la sociedad.

Además de esto, el entrelazamiento cada vez más estrecho, molecular, necesario entre ciencias, técnicas y aceleración de la productividad ha mostrado, especialmente a partir de la segunda mitad del siglo XX, algunos efectos poderosos, no todos deseados ni previstos, sobre la vida de las personas y el medio ambiente. La inquietud en relación a la técnica y la racionalidad científica instrumental, que ya desde fines del siglo XIX y comienzos del XX había recorrido parte del pensamiento occidental, condujo, después de la Segunda Guerra Mundial, a críticas contundentes de la ciencia y de su racionalidad por par-

10. La revista *Nature Biotechnology*, por ejemplo, dedica un espacio específico para «bio-entrepreneurs», que están creciendo numéricamente en el mundo entero.

te de pensadores de peso. A la par de estas reflexiones, en la década de 1960 y 1970 surgieron vertientes sociológicas y epistemológicas que comenzaron a cuestionar la primacía de la ciencia moderna en tanto fuente de conocimiento objetivo sobre el mundo, así como las críticas de cuño político y ético provenientes de movimientos ambientalistas, políticos y feministas. Se trató, en definitiva, de una constelación de procesos que levantaron la emergencia de enunciados críticos: son muchos los que cuestionan la idea de que el conocimiento científico y el «progreso» son siempre positivos *per se*.

Como si esto no bastase, el propio contexto de investigación científica se fue transformando radicalmente, comenzando por incluir espacios y actores variados entre los productores del conocimiento científico: algunas ONG encomendaban pesquisas independientes; grupos indígenas reivindicaban un lugar para su conocimiento; asociaciones de pacientes de dolencias raras conseguían recolectar millones de dólares y abrir sus propios institutos de investigación; activistas por la defensa de los derechos de los portadores de VIH conseguían negociar protocolos de investigación clínica y hasta producir datos científicos para acelerar la aprobación de nuevos remedios (Epstein, 1995). En este poliedro de factores, se fue tornando evidente, en especial a partir de la década de 1980, que las instituciones científicas y sus miembros precisaban cada vez más dialogar, negociar, seducir, reclutar, aprender: para obtener apoyo político, para conseguir recursos públicos y, con mayor frecuencia, de fuentes privadas y agencias internacionales; y para conquistar la confianza de públicos cada vez más exigentes y variados con capacidad creciente de influencia en los destinos de la investigación.

Estos procesos ocurren en un momento histórico en el cual también se comenzó a sentir el efecto de una reconfiguración en la racionalidad de gobierno de las democracias capitalistas. En el liberalismo, más especialmente en el neoliberalismo (Foucault, 2004), se piensa al sujeto como un «empresario de sí mismo», un *homo economicus* capaz de decidir sus acciones en función de cálculos y estimaciones de riesgos y beneficios. La política del mercado funciona de forma creciente prestando atención a flujos y demandas antes de producir respuestas y regulaciones, estimulando o desalentando comportamientos a partir de cálculos de eficiencia, en vez de formular leyes en virtud de principios fijos y trascendentes. En una palabra, en las grandes democracias capitalistas modernas, tanto el mercado como el gobierno de las personas están funcionando en base a una retórica de la «participación», el «involucramiento», la «satisfacción» (sea del cliente, usuario, o ciudadano, según el caso). Esto tiene la consecuencia de que tanto empresas como Gobiernos requieran de instrumentos (a veces de fa-

chada, o sólo demagógicos) de diálogo, interacción y negociación con una multiplicidad de *stakeholders*. La tecnociencia es una parte crucial en este proceso.

La tecnociencia contemporánea, por lo tanto, sólo funciona comunicando; y, por cierto, no se comunica apenas explicando, «repartiendo el saber», así como parece indicar el viejo legado del modelo clásico. La «divulgación», como modelo comunicativo, es apenas un recorte parcial e incompleto de la comunicación de la ciencia en la época tecnocientífica. Para los científicos y para sus instituciones, comunicar no es un *hobby*, no responde solamente a un filantrópico deseo de divulgar; tampoco está al servicio únicamente de los ideales «iluministas» de esclarecer al pueblo ni para obedecer a los eslóganes sobre la «democratización» del conocimiento y la «participación social». No es solamente el «público lego» el que precisa de la comunicación pública de la ciencia. La propia ciencia precisa comunicar (Greco, 2002). El funcionamiento intrínseco de la maquinaria tecnocientífica contemporánea está basado en la ósmosis de flujos comunicativos globales. La comunicación pública contemporánea no se hace sólo a través de las prácticas de los científicos y la mediación de los medios de comunicación masiva. La divulgación científica en su formato clásico sigue existiendo (y hay estupendos ejemplos de material divulgativo de excelente calidad generados por científicos-comunicadores comprometidos con los ideales iluministas de la ciencia moderna). Pero esta comunicación es apenas la punta del iceberg en el complicado ecosistema de los flujos informativos de la tecnociencia contemporánea. Son muchos los actores sociales que a cada instante están comunicando ciencia, contribuyendo a la construcción social de sus representaciones, o negociando su funcionamiento o función. La ciencia se discute y apropia a través de flujos transversales, por grupos sociales a veces incluso poco visibles. El conocimiento científico (no solamente sus «aplicaciones») se utiliza, y hasta a veces es producido, por actores que no siempre son científicos o especialistas. La ciencia circula en los tribunales, en el Parlamento, tanto como en museos, escuelas y programas de divulgación científica. Surgen nuevas arenas de debate en las que todos participamos y en las cuales se modulan importantes aspectos de la práctica científica.

Obviamente, los mecanismos de una participación social «auténtica», o de una «verdadera» democracia «de abajo hacia arriba», son raros. En la mayoría de los casos, la comunicación pública de la tecnociencia tiende hacia los mecanismos tecnocráticos, aunque, por cierto, se apele constantemente a la retórica del «engagement». De esta forma, al menos una parte muy importante del giro discursivo que

se produjo en el movimiento de PUS (*Public Understanding of Science*) en el cual se ha intentado hacer un pasaje desde el «déficit» hacia el «diálogo» y luego hacia la «participación pública», afronta serias dificultades. A. Irwin (2008, 587), refiriéndose a iniciativas europeas, cuestiona que en los esfuerzos para ampliar la base de participación pública todavía prevalezca la idea de que hay que persuadir al público de que la innovación científica y tecnológica es necesaria y, por cierto, la forma racional de afrontar las necesidades. Según el autor, «dada esta aparente reluctancia a reconocer el cuestionamiento público de las prioridades institucionales (o a reconocer que la 'racionalidad' puede ser un territorio disputado), las posibilidades para un diálogo ciencia-público pueden quedar bastante restringidas». También S. Shapin (2008, 439) ironiza al decir que el persistente argumento de la «ignorancia científica del público» es una letanía en las altas esferas de la ciencia. La comunicación continúa siendo en gran parte concebida desde una lógica deficitaria y, de esta forma, los dispositivos comunicacionales recrean la modalidad clásica de comunicación que, como hemos mostrado, se ha consolidado históricamente sobre la base de tensiones estructurales de inclusión y exclusión del público de la esfera de la ciencia y de los asuntos técnicos. Los espacios para los enunciados críticos y hasta antagónicos son limitados. En tanto, el funcionamiento de las sociedades contemporáneas es tal que los flujos informativos incorporan a la población casi por una necesidad fisiológica (e inevitable tal vez) de la dinámica del mercado y, en última instancia, de la política. Se puede someter a discusión la pertinencia (y eficacia) de los mecanismos oficiales de participación e involucramiento social en ciencia y tecnología (conferencias, referéndums, etc.) y, por lo tanto, la historia, las prácticas y los modelos de comunicación pública; sin embargo, de hecho, en el siglo XXI no hay forma de hacer ciencia y tecnología sin considerar el contexto, los antecedentes y las reacciones sociales (Jasanoff, 2004; Bucchi y Neresini, 2008). Y no hay cómo comunicar ciencia y tecnología haciendo solamente «traducción» y «divulgación».

## BIBLIOGRAFÍA

Bacon, F. (1997), *Novum Organum / Nova Atlantida*, Abril Cultural, São Paulo.

Bauer, M., Allum, N. y Miller, S. (2007), «What can we learn from 25 years of PUS survey research? Liberating and expanding the agenda»: *Public Understanding of Science*, 16, 79-95.

Bauer, M. y Bucchi, M. (eds.) (2007), *Journalism, Science and Society. Science Communication between News and Public Relations*, Routledge, New York.

Beretta, M. (2002), *Storia materiale della scienza. Dal libro ai laboratori*, Paravia/Bruno Mondadori, Milano.
Berman, M. (1983), *All That is Solid Melts into Air: The Experience of Modernity*, Verso, London.
Bijker, W., Hughes, T., y Pinch, T. (eds.) (1987), *The social construction of technological systems. New directions in the sociology and history of technology*, MIT Press, Cambridge (Mass)/London.
Bloor, D. (1976), *Knowledge and social imagery*, Routledge, London.
Bourdieu, P. (2003), *El oficio de científico. Ciencia de la ciencia y reflexividad*, Anagrama, Barcelona.
Bowler, P. J. y Morus, I. R. (2005), *Making Modern Science: a historical survey*, University of Chicago Press, Chicago.
Bucchi, M. (1996), «When scientists turn to the public: alternative routes in science communication»: *Public Understanding of Science, 5*, 375-394.
Bucchi, M. (1998), *Science and the media: alternative routes in scientific communication*, Routledge, London.
Bucchi, M. y Neresini, F. (2008), «Science and Public Participation», en E. Hackett *et al.* (eds.), *The Handbook of Science and Technology Studies*, MIT Press, Cambridge (Mass), 449-472.
Callon, M. (1986), «The Sociology of an actor-network: the case of the electric vehicle», en M. Callon y M. A. Rip (eds.), *Mapping the dynamics of science and technology*, MacMillan, London, 19-34.
Castelfranchi, Y. (2002), «Scientists to the streets: Science, politics and the public moving towards new osmoses»: *Jcom*, 1/2, disponible en http://jcom.sissa.it/archive/01/02/F010201/jcom0102(2002)F01.pdf.
Castelfranchi, Y. y Pitrelli, N. (2007), *Come si comunica la scienza?,* Laterza, Roma/Bari.
Castells, M. A. (1999), *Sociedade em rede*, Paz e Terra, São Paulo (SP).
Chesnais, F. (2002), «A teoria do regime de acumulação financeirizado: conteúdo, alcance e interrogações»: *Economia e Sociedade* (Campinas), 11/1 (18), 1-44.
Cocco, G., Patez, A. y Silva, G. (orgs.) (2003), *Capitalismo cognitivo: trabalho, redes e inovação*, DP&A, Rio de Janeiro (RJ).
Comte, A. (1996 [1844]), *Discurso sobre el espíritu positivo*, trad. y prólogo de Julián Marías, Altaya, Barcelona.
D'Alembert, J. (1998 [1751-1780]), *Artículos políticos de la Enciclopedia,* Altaya, Barcelona.
Dupas, G. (2006), *O mito do progresso – Ou progresso como ideologia*, Editora da UNESP, São Paulo (SP).
Durant, J. (ed.) (1992), *Biotechnology in public. A review of recent research*, Science Museum, London.
Echverría, J. (1999), *Introducción a la Metodología de la Ciencia: la Filosofía de la Ciencia en el siglo* XX, Cátedra, Madrid.
Echeverría, J. (2003), *La revolución tecnocientífica*, Fondo de Cultura Económica, Madrid.

Einsiedel, E. y Thorne, B. (1999), «Public responses to uncertainty», en S. Friedman, S. Dunwoody y C. Rogers (eds.), *Communicating Uncertainty. Media coverage of new and controversial science*, Lawrence Erlbaum, New Yersey/London, 43-58.

Epstein, S. (1995), «The Construction of Lay Expertise: AIDS Activism and the Forging of Credibility in the Reform of Clinical Trials»: *Science, Technology & Human Values*, 20/4, 408-437.

Etzkowitz, H. (1998), «The norms of entrepreneurial science: cognitive effects of the new university–industry linkages»: *Research Policy*, 27, 823-833.

Etzkowitz, H. (2001), «The second academic revolution and the rise of entrepreneurial»: *Science, Technology and Society Magazine*, 20/2, 18-29.

Fayard, P. (1993), *Sciences aux Quotidiens. L'information scientifique et technique dans les quotidiens nationaux européens*, Z'editions, Niza.

Fayard, P. (1998), *La communication scientifique publique*, Chronique Sociale, Lyon.

Fehér, M. (1990), «Acerca del papel asignado al público por los filósofos de la ciencia», en J. Ordóñez y A. Elena (eds.), *La ciencia y su público: perspectivas históricas*, CSIC, Madrid, 421-443.

Foucault, M. (2004), *Naissance de la biopolitique,* Gallimard/Seuil, Lonrai.

Funtowicz, S. y Ravetz, J. (1997), «Ciência pós-normal e comunidades ampliadas de pares face aos desafios ambientais»: *História, Ciências, Saúde* (Manguinhos), IV/2, 219-230.

Geymonat, L. (1994), *El pensamiento científico*, Eudeba, Buenos Aires.

Gibbons, M. *et al.* (1994), *The New production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*, Sage, London.

Gieryn, T. (1983), «Boundary-Work and the Demarcation of Science from Non-Science: Strains and Interests in Professional Ideologies of Scientists»: *American Sociological Review*, 48, 781-795.

Greco, P. (2002), «Communicating in the post-academic era of science»: *Jcom* (Trieste), 1/1, disponible en http://jcom.sissa.it/archive/01/01/E0101/jcom0101(2002)E.pdf.

Greco, P. (2004), «Il modello Venezia. La comunicazione nell'era post-accademica della scienza», en *La comunicazione della scienza*, Actas del I y II Convegno Nazionale, ZadigRoma, Roma.

Gregory, J. y Miller, S. (1998), *Science in Public. Communication, culture and credibility*, Plenun, New York.

Harvey, D. (2006), *Condição pós-moderna. Uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural,* Loyola, São Paulo (SP).

Hilgartner, S. (1990), «The dominant view of popularization: Conceptual problems Political Uses»: *Social Studies of Science*, 20/3, 519-539.

Irwin, A. (2008), «STS Perspectives on Scientific Governance», en E. J. Hackett *et al.* (eds.), *The Handbook of Science and Technology Studies*, MIT Press, Cambridge (Mass), 583-608.

Jasanoff, S. (2004), «Science and citizenship: a new synergy»: *Science and Public Policy*, 31/2, 90-94.

Keller, E. F. (1985), *Reflections on Gender and Science*, Yale University Press, New York.

Knight, D. (1986), *The age of Science: the scientific world-view in the* XIX *century,* Blackwell, Oxford.

Knight, D. (1998), *Science in the Romantic Era*, Yarmouth, Galliard.

Knight, D. (2000), «Humphry Davy: science and social mobility»: *Endeavour*, 24/4, 166.

Krimsky, S. y Plough, A. (1988), *Environmental hazards: communicating as a social process,* Auburn House, Dover.

LASER (Laboratorio Autonomo di Scienza, Epistemologia e Ricerca) (2002), *Scienza spa. Scienziati, tecnici e conflitti*, DeriveApprodi, Roma.

Latour, B. y Woolgar, S. (1979), *Laboratory life*, Sage, Beverly Hills.

Lazzarato, M. y Negri, A. (2001), *Trabalho imaterial*, DP&A, Rio de Janeiro (RJ).

Levidow, L. y Tait, J. (1992), «Which public understanding of biotechnology?»: *Biotechnology Education*, 3, 102-106.

Lewenstein, B. (1992), «Public Understanding of Science in the United States after World War II»: *Public Understanding of Science* (London), 1, 45-68.

Lewenstein, B. (1995), «Science and the media», en S. Jasanoff *et al.*, *Handbook of Science and Technology Studies*, Sage, London, 343-360.

Logan, R. (2001), «Science Mass Communication. Its conceptual history»: *Science Communication* (London), 23/2, 135-163.

Merton, R. (1973), *The Sociology of Science*, University of Chicago Press, Chicago.

Millar, R. y Wynne B.(1988), «Public understanding of science from contents to proceses»: *International Journal of Scienc Education,* 10, 388-399.

Moulier-Boutang, Y. (2003), «O território e as políticas de controle do trabalho no capitalismo cognitivo», en G. Cocco *et al.* (orgs.), *Capitalismo cognitivo. Trabalho, redes e inovação*, DP&A, Rio de Janeiro (RJ), 33-60.

Myers, G. (2003), «Discourse Studies of Scientific Popularization: Questioning the Boundaries»: *Discourse Studies, 5*, 265.

Negri, A. y Hardt, M. (2001), *Império*, Record, São Paulo (SP).

Nelkin, D. (1990), *La ciencia en el escaparate*, Fundesco, Madrid.

Nowotny, H. (2004), «The Potential of transdisciplinarity», en *Rethinking interdisciplinarity*, disponible en http://www.helga-nowotny.eu/downloads/helga_nowotny_b59.pdf.

Nowotny, H., Scott, P. y Gibbons, M. (2001), *Rethinking science: knowledge in an age of uncertainty*, Polity Press, Cambridge.

NSF (2006), *Science and Engineering Indicators* 2006*,* Arlington, U.S. Government Printing Office, Washington.

Ordóñez, J. y Elena, A. (1990), *La ciencia y su público: perspectivas históricas*, CSIC, Madrid.

Polino, C. (2004), «The wise and the ignorant, or a dangerous distinction for Latin American»: *Jcom, Journal of Science Communication*, 3/3, 1-4.

Price, D. y De Solla, J. (1963), *Little science, big science*, Columbia University Press, New York/London.

Rabinow, P. (1999), *DNA. Trouble in Purgatory*, University of Chicago Press, Chicago/London.

Raichvarg, D. y Jean, J. (1991), *Savants et ignorants. Une historie de la vulgarisation des sciences*, Seuil, Paris.

Roqueplo, P. (1983), *El reparto del saber. Ciencia, cultura, divulgación*, Gedisa, Buenos Aires.

Rossi, P. (2000), *La nascita della scienza moderna in Europa*, Laterza, Roma-Bari.

Salomon, J.-J. *et al.* (1994), *The uncertain quest: science, technology and development*, United Nations University Press, Tokyo/New York/Paris.

Santos, B. S. (2000), *Introdução a uma ciência pós-moderna*, Graal, Rio de Janeiro (RJ).

Shapin, S. (2000), *La revolución científica: una interpretación alternativa*, Paidós, Barcelona.

Shapin, S. (2008), «Science in the Modern World», en E. J. Hackett *et al.* (eds.), *The Handbook of Science and Technology Studies*, MIT Press, Cambridge (Mass), 433-448.

Shinn, T. (1999), «Change or mutation? Reflections on the foundations of contemporary science»: *Social Science Information*, 38/1, 149-176.

Shiva, V. (1999), *Biopirateria. Il saccheggio della natura e dei saperi indigeni*, Cuen, Napoli.

Simon, I. y Vieira, M. S. (2007), «A Propriedade Intelectual diante da emergência da produção social», en F. Villares (org.), *Propriedade intelectual: Tensões entre o capital e a sociedade*, Paz e Terra, São Paulo (SP), 58-84.

Slovic, P. (1987), «Perception of Risk»: *Science*, 236, 280-285.

Soriano, R. y Porras, A. (1998), «Estudio preliminar», en D. Diderot, J. Le Rond D'Alembert, *Artículos políticos de la Enciclopedia*, Altaya, Barcelona.

Sturgis, P. y Allum, N. (2004), «Science in Society: re-evaluating the deficit model of public attitudes»: *Public Understanding of Science*, 13, 55-74.

Van der Sanden, M. y Meijman, F. (2008), «Dialogue guide awareness and understanding of science: an essay on different goals and dialogue leading to different science communication approaches»: *Public Understanding of Science*, 17, 89.

Weingart, P. (1997), «From 'finalization' to 'Mode 2': Old wine in new bottles?»: *Social Science Information*, 36, 591-613.

Wynne, B. (1989), «Sheep farming after Chernobyl: A case study in communicating scientific information»: *Environment Magazine*, 31/2, 10-15 y 33-39.

Wynne, B. (1995), «Public Understanding of Science», en S. Jasanoff *et al.*, *Handbook of Science and Technology Studies*, Sage, London, 361-388.

Ziman, J. (1987), *Il lavoro dello scienziato*, Roma-Bari, Laterza (ed. orig.: *An introduction to science studies; The philosophical and social aspects of science and technology*, Cambridge University Press, Cambridge [1984]).

Ziman, J. (2000), *Real Science: What it is, and what it means*, Cambridge University Press, Cambridge.

# ÍNDICE ANALÍTICO

# ÍNDICE DE NOMBRES

# NOTA BIOGRÁFICA DE AUTORES

*Eduard Aibar Puentes* (Barcelona, 1962). Doctor en Filosofía por la Universitat de Barcelona, es profesor en la Universitat Oberta de Catalunya desde 1998. Especialista en estudios de Ciencia y Tecnología, entre sus numerosas publicaciones destacan: «Constructing a City: The Cerdà Plan for the Extension of Barcelona» (con W. Bijker) (1997); *Cultura tecnológica: estudios sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad* (con M. Á. Quintanilla) (2002); *Estado, burocracia y red. Administración electrónica y cambio organizativo* (con F. Urgell) (2007); «A Critical Analysis of Information Society Conceptualizations from an STS Point of View» (2010), y «Usuarios y tecnologías de la información: de la administración electrónica al software libre» (2011).

*Mario Albornoz* (Argentina, 1944) es investigador del CONICET y docente de grado y posgrado en diversas universidades en temas de Ciencia, Tecnología y Sociedad. Director del Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior (REDES) de Buenos Aires. Autor de numerosos trabajos como: *El estado de la ciencia, principales indicadores de ciencia y tecnología iberoamericanos/interamericanos 2001* (2002); «Alcances y limitaciones de la noción de impacto social de la ciencia y la tecnología» (con M. E. Estébanez y C. Alfaraz) (2005); *Redes de conocimiento: construcción, dinámica y gestión* (2006), y «¿Son neutrales la ciencia y la tecnología?» (2009).

*Marcelo Arancibia Gutiérrez*. Es director del Centro de Estudios sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad de la Facultad de Humanidades de la Universidad de Valparaíso. Autor de *La nueva Ilustración: una concepción del fenómeno tecnológico* (2004); «Francis Bacon: desventuras y vigencia del saber operativo» (2006), y *Las relaciones entre ciencia, tecnología y desarrollo en Chile: un análisis desde los estudios CTS* (2008).

*Yurij Castelfranchi* (Roma, 1969). Especialista en sociología de la ciencia y tecnología. Desarrolla su labor docente en la Universidad Federal de Minas Gerais

en Belo Horizonte, Brasil. Es autor, entre otros trabajos, de *Máquinas como nosotros: el desarrollo de la inteligencia artificial* (con O. Stock) (2002); *Come si comunica la scienza?* (con N. Pitrelli) (2007); «Tecnociência na América Latina» (2011), y «Information and Attitudes towards Science and Technology in Iberoamerica» (con C. Polino) (2011).

*Diego Lawler* (Buenos Aires, 1968). Doctor en Filosofía por la Universidad de Salamanca y M.A. of Arts, Philosophy, por la Universidad de Sussex. Está especializado en filosofía de la técnica y filosofía de la mente. Su actividad académica la realiza en el Centro REDES y en el CONICET. Sus publicaciones más importantes son: «Kant on the spontaneity of the mind and the nature of the self» (1999); «El concepto de eficiencia técnica» (con M. Á. Quintanilla) (2000); «El principio de apercepción y el argumento K» (2002), y «Las funciones técnicas de los artefactos y su encuentro con el constructivismo social en tecnología» (2003).

*José Antonio López Cerezo* (Alicante, España, 1960). Formado en las universidades de Valencia y Helsinki, actualmente es catedrático de Lógica y Filosofía de la Ciencia en la Universidad de Oviedo. Su área de especialización son los estudios sociales de la ciencia. Ha publicado, entre otros: *Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología* (con M. González y J. L. Luján) ([2]2000); *Ciencia y política del riesgo* (con J. L. Luján) (2000); *Políticas del bosque* (con M. González) (2002), y *El triunfo de la antisepsia: un ensayo en filosofía naturalista de la ciencia* (2008).

*José Luis Luján López* (Burriana, España, 1962). Es catedrático de Lógica y Filosofía de la Ciencia en la Universidad de las Islas Baleares. Autor de *Filosofía de la tecnología* (con J. A. López Cerezo) (1998); *Ciencia y política del riesgo* (con J. A. López Cerezo) (2000); *Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología* (con M. González y J. A. López Cerezo) ([2]2000), y *Gobernar los riesgos. Ciencia y valores en la sociedad del riesgo* (con J. Echeverría) ([2]2009).

*Mikel Olazaran Rodríguez* (Pamplona, 1963). Doctor en Sociología, ha realizado proyectos y publicaciones en las áreas de ciencia y tecnología, organización, innovación y educación. Es profesor en el Departamento de Sociología de la Universidad del País Vasco. De entre sus publicaciones cabe destacar: *Sistemas regionales de innovación* (ed. con M. Gómez Uranga) (2001); *Reingeniería y cambio organizativo: teoría y práctica* (con E. Albizu) (2003); «Technology transfer between technology centres and SMEs: Evidence from the Basque Country» (con E. Albizu y B. Otero) (2009); «Cooperación y creación de conocimiento: innovación en las pequeñas y medianas empresas industriales» (con E. Albizu y B. Otero) (2011), y «Relationship between vocational training centres and industrial SMEs in the Basque Country: A regional innovation system approach» (con E. Albizu, C. Lavía y B. Otero) (2011).

*León Olivé Morett* (Ciudad de México, 1950). Estudió matemáticas en la UNAM y se doctoró en Filosofía por la Universidad de Oxford. Sus áreas de especialización son la epistemología, la filosofía de la ciencia y de la tecnología, los

estudios sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad y la diversidad cultural y el interculturalismo. Es investigador del Instituto de Investigaciones Filosóficas y profesor de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM. Sus publicaciones más importantes son: *Multiculturalismo y pluralismo* (1999); *El bien, el mal y la razón. Facetas de la ciencia y la tecnología* (2000); *Interculturalismo y justicia social* (2004); *La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento. Ética, política y epistemología* (2007), y *Temas de ética y epistemología de la ciencia. Diálogos entre un filósofo y un científico* (con R. Pérez Tamayo) (2011).

*Beatriz Otero Gutiérrez* (Santander, España, 1978). Es especialista en estudios sociales de la ciencia, tecnología e innovación. Doctora en Sociología, es profesora en la Facultad de Ciencias Sociales y de la Comunicación de la Universidad del País Vasco (UPV-EHU). Autora de «Technology transfer between technology centres and SMEs: Evidence from the Basque Country» (con M. Olazaran y E. Albizu) (2009); «La perspectiva del sistema nacional/regional de innovación: balance y recepción en España» (con M. Olazaran) (2009); «Innovación y territorio: una encuesta a pequeñas y medianas empresas industriales» (con C. Lavía, M. Olazaran y E. Albizu) (2011); «Cooperación y creación de conocimiento tecnológico: innovación en las pequeñas y medianas empresas industriales» (con E. Albizu y M. Olazaran) (2011), y «Relationship between vocational training centres and industrial SMEs in the Basque Country: A regional innovation system approach» (con E. Albizu, M. Olazaran y C. Lavía) (2011).

*Carmelo Polino* (Bernal, Buenos Aires, 1973). Especialista en sociología de la comunicación de la ciencia y en percepción social de la ciencia y la tecnología, es investigador del Centro REDES de Argentina y profesor de posgrado en la Universidad de Oviedo. Ha publicado *Percepción pública de la ciencia. Resultados de la encuesta en Argentina, Brasil, España y Uruguay* (con C. Vogt) (2003); «Percepción social de la ciencia y la tecnología. Indicadores de actitudes acerca del riesgo y la participación ciudadana» (con D. Chiappe) (2011); *Los estudiantes y la ciencia. Encuesta a jóvenes iberoamericanos* (comp.) (2011); «Information and Attitudes to Science and Technology in Iberoamerica» (con Y. Castelfranchi) (2011), y «The 'Communicate Turn' in Contemporary Techno-science: Latin American Approaches and Global Tendencies» (con Y. Castelfranchi) (2012).

*Miguel Ángel Quintanilla Fisac* (Segovia, España, 1945). Es catedrático en el Departamento de Filosofía y Lógica y Filosofía de la Ciencia en la Universidad de Salamanca. Sus líneas prioritarias de investigación son la filosofía de la ciencia y de la técnica; estudios sociales de ciencia y tecnología; cultura científica; comunicación pública de la ciencia, y políticas científicas y tecnológicas. Es autor, entre otros trabajos, de «Técnica y cultura» (1998); *Tecnología y sociedad* (1999); «Un programa de filosofía de la tecnología (veinte años después)» (1999); «El concepto de eficiencia de la técnica» (con D. Lawler) (2000), y *Cultura tecnológica: estudios de ciencia, tecnología y sociedad* (con E. Aibar) (2002).

*José Manuel Sánchez Ron* (Madrid, 1949). Es doctor en Física por el University College de Londres. Catedrático de Historia de la Ciencia en el Departamento de Física Teórica de la Universidad Autónoma de Madrid y Académico de la Real

Academia Española. Su área de especialización actual es la historia de la ciencia. Entre sus principales publicaciones se encuentran: *National Military Establishments and the Advancement of Science and Technology* (ed. con P. Forman) (1996); *Cincel, martillo y piedra. Historia de la ciencia en España (siglos XIX y XX)* (1999); *Historia de la física cuántica, I: El periodo fundacional (1860-1926)* (2001); *El poder de la ciencia. Historia social, política y económica de la ciencia (siglos XIX y XX)* (2007), y *La nueva Ilustración. Ciencia, tecnología y humanidades en un mundo interdisciplinar* (2011).

*Isabelle Sánchez-Rose* (Caracas, 1955). Antropóloga por la Universidad Central de Venezuela, realizó estudios de posgrado en La Sorbona. Es investigadora en el Departamento Estudio de la Ciencia, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC). Ha publicado: *Política pública en ciencia y tecnología: las agendas de CONICIT* (2002, 2003); «Sistemas Nacionales de Ciencia y Tecnología. Experiencias y aprendizaje de cuatro países de medio desarrollo» (con A. Mercado, P. Testa y H. Vessuri) (2002).

*Jesús Vega Encabo* (Ávila, España, 1967). Doctor en Filosofía por la Universidad de Salamanca y profesor de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Autónoma de Madrid. Es especialista en epistemología y en filosofía de la ciencia y de la tecnología. Entre sus últimas publicaciones cabe destacar: *Los saberes de Odiseo. Una filosofía de la técnica* (2010); «Hallucinations for Disjunctivists» (2010); «Self-knowledge as knowledge?» (2011); «Estado de la cuestión: filosofía de la tecnología» (2009), y «Engaged Epistemic Agents» (con F. Broncano).

*Carlos Verdugo Serna* (Chile, 1943). Director del Programa de Posgrado en Filosofía de la Universidad de Valparaíso. Autor de «Ethics, Science and Technology» (1993).

*Hebe Vessuri* (Buenos Aires, 1942). Antropóloga y profesora argentina, de nacionalidad venezolana. Se formó en la Universidad de Oxford, donde obtuvo el doctorado en Antropología Social. Sus áreas de investigación están constituidas por la sociología e historia contemporánea de la ciencia en América Latina, la política científica, la sociología de la tecnología y aspectos relacionados con la participación y la exclusión social. Fue directora del Programa de Ciencia Política de la Universidad Estatal de Campinas, en Brasil, y directora del Centro de Estudios de la Ciencia del IVIC. Es autora de multitud de artículos y libros, entre otros: «Dossier especial sobre América Latina» (con P. Kreimer) (2005), y «Usando ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo sustentable» (con I. Sánchez) (2007).

*Emilio Yunis Turbay* (Sincelejo, Colombia). Es pionero de la genética humana en Colombia y en América Latina. Miembro del Department of Cancer Immunology and AIDS en el Dana-Farber Cancer Institute de Boston y profesor en la Harvard Medical School. Es fundador del Instituto de Genética de la Universidad Nacional de Colombia y autor de *Evolución y creación* (2001) y *¿Por qué somos así?* (2003).